

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA



**TRABAJO ESTRUCTURADO DE MANERA INDEPENDIENTE
PREVIO LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
MECÁNICO**

TEMA:

**“TRATAMIENTO DE DESPERDICIOS, RESTOS
CONTAMINANTES Y SU EFECTO EN LA CONTAMINACIÓN
AMBIENTAL PRODUCIDA POR LA EMPRESA AVÍCOLA
COMALGAR”**

AUTOR:

LUIS PAÚL NÚÑEZ NARANJO

TUTOR:

ING. ALEJANDRO MORETTA

AMBATO-ECUADOR

2010

CERTIFICACIÓN

En mi calidad de tutor del trabajo de investigación, bajo el tema **“TRATAMIENTO DE DESPERDICIOS, RESTOS CONTAMINANTES Y SU EFECTO EN LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL PRODUCIDA POR LA EMPRESA AVÍCOLA COMALGAR”**, desarrollado por el estudiante Luis Paúl Núñez Naranjo, egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, considero que dicho informe investigativo reúne los requisitos suficientes para ser sometido a la evaluación del tribunal examinador designado por el Consejo Directivo de esta Facultad.

Ambato, Junio de 2011

EL TUTOR

.....
Ing. Alejandro Moretta.

**AUTORÍA DEL TRABAJO ESTRUCTURADO DE MANERA
INDEPENDIENTE**

Yo, Luis Paúl Núñez Naranjo declaro que los criterios expresados en la investigación del trabajo estructurado de manera independiente con el tema **“TRATAMIENTO DE DESPERDICIOS, RESTOS CONTAMINANTES Y SU EFECTO EN LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL PRODUCIDA POR LA EMPRESA AVÍCOLA COMALGAR”**, así como las ideas , análisis, conclusiones, propuesta, son auténticas y de exclusiva responsabilidad de su autor.

Ambato, junio de 2011

.....

Autor

DEDICATORIA

Este logro alcanzado lo dedico primeramente a Dios, quien ha estado conmigo desde que comenzamos juntos esta carrera, quien me dió la sabiduría e inteligencia para lograr la superación.

A mis padres Luis Núñez y Cumandá Naranjo, quienes tomaron la determinación de emprender este camino a mi lado, dándome su apoyo, su comprensión, sus consejos pero sobre todo su amor.

A mi esposa por su comprensión y sus palabras que me dieron la fuerza para animarme y no darme por vencido.

AGRADECIMIENTO

Quisiera expresar mi agradecimiento a mis padres por creer en mi esfuerzo y dedicación, a mis queridos compañeros, que disfrutamos las victorias y derrotas pero que nunca nos dimos por vencidos.

Al Ingeniero Alejandro Moretta por la orientación general del proyecto y por su colaboración en toda la trayectoria del mismo.

En general a todos y cada uno de los profesores de la Facultad de Ingeniería Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato por su generosidad al ofrecer su tiempo y su conocimiento para poder alcanzar todas mis metas.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I

1 Problema de investigación.....	1
1.1 Tema de investigación.....	1
1.2 Planteamiento del problema.....	1
1.2.1 Contextualización del problema.....	1
1.2.2 Análisis crítico.....	1
1.2.3 Prognosis.....	2
1.2.4 Formulación del problema.....	2
1.2.5 Preguntas directrices.....	2
1.2.6 Delimitación del objeto de investigación.....	3
1.2.6.1 Delimitación de contenido.....	3
1.2.6.2 Delimitación espacial.....	3
1.2.6.3 Delimitación temporal.....	3
1.3 Justificación.....	3
1.4 Objetivos.....	4
1.4.1 Objetivo general.....	4
1.4.2 Objetivos específicos.....	4

CAPÍTULO II

2. Marco teórico.....	6
2.1 Antecedentes investigativos.....	6
2.2 Fundamentación filosófica.....	6
2.2.1 Glosario de términos.....	6
2.2.2 Hornos industriales.....	9
2.2.2.1 Tipos de hornos industriales.....	9
2.2.2.1.1 Hornos de parrillas.....	9
2.2.2.1.2 Hornos rotatorios.....	10
2.2.2.1.3 Hornos para líquidos.....	11
2.2.2.1.4 Hornos crematorios.....	12

2.2.3	Transferencia de calor.....	13
2.2.3.1	Conducción.....	13
2.2.3.2	Convección.....	14
2.2.4	Resistencia térmica.....	15
2.2.4.1	La pared plana.....	15
2.2.4.2	Pared compuesta.....	16
2.2.4.3	El cilindro.....	17
2.2.5	Material refractario.	18
2.2.5.1	Tipos de material refractario.....	18
2.2.5.2	Presentación del material refractario.....	19
2.2.6	Aislante térmico.....	19
2.2.6.1	Tipos de aislante térmico.....	20
2.2.6.1.1	Lana de roca.....	20
2.2.6.1.2	Vidrio expandido.....	20
2.2.6.1.3	Espuma elastomérica.....	20
2.2.6.1.4	Lana de vidrio.....	21
2.2.7	Quemadores industriales.....	22
2.2.7.1	Quemadores atmosféricos.....	23
2.2.7.2	Quemadores mecánicos.....	23
2.2.8.	Uso del gas licuado de petróleo como combustible.....	24
2.2.8.1.	Beneficios del gas licuado de petróleo.	25
2.2.9	Combustión.....	25
2.2.10	La Empresa.....	27
2.2.10.1	Generación de residuos en la granja avícola.....	28
2.2.10.2	Manejo de aves enfermas y/o muertas.....	28
2.2.11.	Impacto ambiental.....	29
2.2.12	Calidad del aire ambiente.....	29
2.2.12.1	Contaminantes en los gases procedentes de la incineración.....	30
2.2.12.2	Concentraciones de contaminantes comunes en el aire ambiente...30	
2.2.12.3	Planes de alerta, alarma y emergencia de la calidad del aire.....	31
2.3.	Fundamentación legal.....	32
2.4.	Red de categorías fundamentales.....	33

2.5. Hipótesis.....	33
2.5.1 Unidades de observación.....	33
2.5.2 Variables.....	33
2.5.2.1 Variable independiente.....	33
2.5.2.2 Variable dependiente.....	34

CAPÍTULO III

3. Metodología.....	35
3.1. Modalidad básica de investigación.....	35
3.1.1 De campo.....	35
3.1.2 Experimental.....	35
3.1.3 Bibliográfica.....	35
3.2. Nivel o tipo de investigación.....	35
3.2.1 Exploratorio.....	35
3.2.2 Descriptivo.....	36
3.2.3 Explicativo.....	36
3.3. Población y muestra.....	36
3.3.1 Población.....	36
3.3.2 Muestra.....	36
3.4. Operacionalización de variables.....	37
3.4.1 Variable dependiente.....	37
3.4.2 Variable independiente.....	38
3.5. Plan de recolección de información.....	39
3.5.1 Instrumentos de medición.....	39
3.5.1.1 Anemómetro.....	39
3.5.1.2 Regulador de presión de gas.....	39
3.5.1.3 Termocupla.....	40
3.5.1.4 Cronómetro.....	40
3.5.1.5 Controlador de temperatura.....	41
3.5.1.6 Balanza.....	41
3.5.1.7 Caudalímetro.....	42
3.5.1.8 Medidor de monóxido de carbono.....	42

3.5.1.9 Medidor de material particulado.....	43
3.5.2 Determinación Temperatura vs. Tiempo (sin carga).....	43
3.5.3 Determinación Temperatura vs. Tiempo (con carga).....	43
3.5.4 Determinación Temperatura vs. Tiempo (precalentamiento a 250°C).....	44
3.6. Plan de procesamiento de la información.....	44

CAPÍTULO IV

4 Análisis e interpretación de resultados.	45
4.1 Análisis de los resultados.	45
4.1.1 Cantidad de aves a incinerar.	45
4.1.2 Interpretación de datos.	46
4.1.3 Concentración de contaminantes en el aire.	52
4.1.3.1 Concentración de monóxido de carbono.	52
4.1.3.2 Concentración de material particulado.	54
4.1.4 Peso y volumen de residuos.	55
4.2 Verificación de hipótesis.	56

CAPÍTULO V

5.1. Conclusiones.....	58
5.2. Recomendaciones.....	59

CAPÍTULO VI

6. Propuesta.....	60
6.1 Datos informativos.....	60
6.2 Antecedentes de la propuesta.....	60
6.2.1 Parámetros de diseño.....	60
a) Cantidad a incinerar.....	60
b) Temperatura y cantidad de calor.....	61
6.3 Justificación.....	61
6.4 Objetivos.....	61
6.5 Análisis de factibilidad.....	61
6.5.1 Análisis técnico.....	62

6.5.2	Análisis económico.....	62
6.6	Fundamentación.....	64
6.6.1	Selección del refractario.....	64
6.6.2	Selección de la Termocupla.....	65
6.6.3	Diseño térmico.....	65
6.6.3.1	Determinación del coeficiente de convección.....	65
a)	Cálculo del coeficiente de convección interno.....	65
b)	Cálculo del coeficiente de convección externo.....	67
6.6.3.2	Pérdidas de calor en la cámara de incineración.....	68
6.6.3.3	Cálculo de la distribución de temperaturas en las paredes.....	72
6.6.3.4	Pérdidas de calor en las tapas del incinerador.....	74
6.6.3.5	Pérdidas de calor en las puertas.....	76
6.6.4	Diseño de la chimenea.....	78
a)	Pérdidas de calor en la chimenea.....	79
b)	Determinación del diámetro.....	79
c)	Altura de la chimenea.....	80
d)	Análisis del tiro o draft.....	81
e)	Pérdidas por fricción.....	82
6.6.5	Calor total perdido en el incinerador.....	83
6.6.6	Cálculo del calor necesario para la incineración.....	83
6.6.7	Consumo calorífico del horno.....	85
6.6.8	Cálculo del calor emitido por el inyector.....	85
6.6.9	Análisis estequiométrico del combustible.....	86
6.6.10	Cálculo de la potencia del quemador.....	88
6.6.11	Cálculo de temperatura adiabática.....	89
6.6.12	Dilatación térmica lineal.....	91
6.6.13	Calidad del aire.....	91
6.6.13.1	Concentración de monóxido de carbono.....	92
6.6.13.2	Concentración de material particulado.....	94
6.7	Metodología. Modelo operativo.....	96
6.7.1	Modelamiento y construcción del equipo.....	97
6.7.1.1	Cámara de incineración.....	97

6.7.1.2 Cenicero.....	98
6.7.1.3 Colocación de bridas.....	98
6.7.1.4 Tapa inferior.....	99
6.7.1.5 Tapa Superior.....	100
6.7.1.6 Fundición.....	101
a) Preparación de la mezcla.....	101
b) Colocación del cemento.....	102
6.7.1.7 Colocación del aislante.....	102
6.7.1.8 Forrado.....	103
6.7.1.9 Pintado.....	104
6.7.1.10 Quemador.....	105
6.7.1.11 Termocupla.....	106
6.7.1.12 Controlador de temperatura.....	106
6.7.1.13 Tablero de control.....	107
6.8 Administración.....	108
a) Facilitar el manejo de los desechos al convertirlos en cenizas.....	108
b) Respetar las normas ambientales.....	108
6.9 Previsión de la evaluación.....	109
6.9.1 Guía de operación.....	109
6.9.2 Programa de mantenimiento.....	109
6.9.2.1 Mantenimiento preventivo.....	109
6.9.2.2 Mantenimiento correctivo.....	110
BIBLIOGRAFÍA.....	111
ANEXOS.....	113

ÍNDICE DE FIGURAS, GRÁFICAS Y TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2-1	Funcionamiento de un horno de parrillas.....	10
Figura 2-2	Partes y funcionamiento de un horno rotatorio.....	11
Figura 2-3	Esquema de un horno crematorio.....	13
Figura 2-4	Transferencia de calor a través de una pared plana.....	15
Figura 2-5	Circuito térmico equivalente para una pared compuesta.....	16
Figura 2-6	Distribución de temperaturas para una pared cilíndrica compuesta....	17
Figura 2-7	Presentación del cemento refractario.....	19
Figura 2-8	Lana mineral de vidrio.....	21
Figura 2-9	Quemador atmosférico.	23
Figura 2-10	Infraestructura de la organización.....	27
Figura 2-11	Red de categorías fundamentales.....	33
Figura 3-1	Anemómetro.....	39
Figura 3-2	Regulador de presión de gas.....	39
Figura 3-3	Termocupla.....	40
Figura 3-4	Cronómetro.....	40
Figura 3-5	Controlador de temperatura.....	41
Figura 3-6	Balanza.....	41
Figura 3-7	Caudalímetro.....	42
Figura 3-8	Medidor de monóxido de carbono.....	42
Figura 3-9	Medidor de material particulado.....	43
Figura 4-1	Medición monóxido de carbono.....	52
Figura 4-2	Medición material particulado.....	54
Figura 4-3	Restos incinerados.....	55
Figura 6-1	Distribución de temperaturas en las paredes del incinerador.....	69
Figura 6-2	Distribución de temperaturas en las tapas del incinerador.....	74
Figura 6-3	Distribución de temperaturas en las puertas.....	76
Figura 6-4	Análisis del tiro.....	81
Figura 6-5	Cámara de incineración.....	97
Figura 6-6	Cenicero.....	98

Figura 6-7 Colocación de bridas.....	99
Figura 6-8 Tapa inferior.....	100
Figura 6-9 Tapa superior.....	101
Figura 6-10 Mezcla.....	102
Figura 6-11 Colocación del cemento refractario.....	102
Figura 6-12 Colocación fibra de vidrio.....	103
Figura 6-13 Forrado.....	104
Figura 6-14 Pintado.....	104
Figura 6-15 Quemador.....	105
Figura 6-16 Termocupla.....	106
Figura 6-17 Controlador de temperatura.....	107
Figura 6-18 Tablero de control.....	107
Figura 6-19 Fases de la incineración.....	108

ÍNDICE DE GÁFICAS

Gráfica 4-1: Curva de dispersión Temperatura vs. Tiempo (sin carga).....	47
Gráfica 4-2: Curva de dispersión Temperatura vs. Tiempo (con carga).....	49
Gráfica 4-3: Curva de dispersión Temperatura vs. Tiempo (con precalentamiento a 250°C).....	51
Gráfica 4-4: Curva de concentración PM10.....	55

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1 Propiedades del GLP a 15.06 °C.....	25
Tabla 2-2 Concentraciones de contaminantes común que definen los niveles de alerta, de alarma y de emergencia en la calidad del aire.....	32
Tabla 4-1 Mortalidad en la granja avícola.....	45
Tabla 4-2 Temperatura vs. Tiempo (sin carga).....	46
Tabla 4-3 Temperatura vs. Tiempo (con carga).....	48
Tabla 4-4 Temperatura vs. Tiempo (con precalentamiento a 250°C).....	50
Tabla 4-5 Concentración de monóxido de carbono.....	53
Tabla 4-6 Concentración de material particulado.....	54

Tabla 4-7 Resultados de la investigación.....	56
Tabla 6-1 Datos generales de la propuesta.....	60
Tabla 6-2 Costo de recursos humanos.....	62
Tabla 6-3 Costo de recursos materiales.....	62
Tabla 6-4 Costo de materiales para la construcción del equipo.....	63
Tabla 6-5 Costo de recursos totales.....	63
Tabla 6-6 Características técnicas del cemento refractario.....	64
Tabla 6-7 Características técnicas de la Termocupla.....	65
Tabla 6-8 Resistencias internas del horno.....	72
Tabla 6-9 Temperaturas de las paredes del horno.....	74
Tabla 6-10 Entalpía de los gases.....	88
Tabla 6-11 Entalpía de los gases llama adiabática.....	89
Tabla 6-12 Interpolación lineal temperatura adiabática.....	90
Tabla 6-13 Evaluación de la dosis.....	92
Tabla 6-14 Características físicas del horno.....	96
Tabla 6-15 Cámara de incineración (datos técnicos)	97
Tabla 6-16 Cenicero (datos técnicos)	98
Tabla 6-17 Bridas (datos técnicos)	99
Tabla 6-18 Tapa superior (datos técnicos)	100
Tabla 6-19 Refractario (datos técnicos)	101
Tabla 6-20 Aislante (datos técnicos)	103
Tabla 6-21 Quemador (datos técnicos)	105
Tabla 6-22 Termocupla (datos técnicos)	106
Tabla 6-23 Controlador de temperatura (datos técnicos)	107

GLOSARIO DE TÉRMINOS

A : Área normal a la dirección de la transferencia de calor.

Ac : Relación aire combustible.

β : Coeficiente volumétrico de expansión térmica.

cp_{air} : Calor específico del aire.

cp_{pollo} : Calor específico del pollo.

D : Diámetro de la chimenea.

ΔT : Diferencia de las temperaturas del medio ambiente y la temperatura de incineración.

ΔE_{alm} : Energía almacenada.

$\Delta P/\rho$: Diferencia de presión por elevación.

ΔP_f : Pérdidas a lo largo de la chimenea.

ΔP_{ex} : Pérdidas a la salida de la chimenea.

δ : Fracción molar de productos de combustión.

E_s : Energía que ingresa al sistema.

E_e : Energía que sale del sistema.

f : Factor de fricción.

g : Gravedad.

H : Altura de la chimenea.

PCS : Poder calorífico del GLP.

h : Coeficiente de transferencia de calor por convección.

K : Conductividad térmica de los materiales.

L : Longitud real de la chimenea.

\dot{m} : Flujo másico.

m_{air} : Masa de aire.

m_{pollo} : Masa de pollo.

\dot{m}_{comb} : Flujo másico de combustible.

Nu_D : Número de Nusselt.

n_T : Número total de moles.

Pr : Número de Prandtl.

Q_c : Razón de flujo volumétrico de salida.

q_x : Flujo unidimensional de calor para pared plana.

q_r : Flujo unidimensional de calor para superficies cilíndricas.

Q : Consumo calorífico del horno.

R : Constante R del gas.

R_{conv} : Resistencia térmica.

Re_D : Número de Reynolds.

Ra_D : Número de Rayleigt.

r : Radio del cilindro.

ρ_a : Densidad del aire a temperatura ambiente.

ρ_g : Densidad de los gases producto de la incineración.

t : Tiempo de incineración.

T_g : Temperatura de los gases de combustión.

T_i : Temperatura inicial.

T_∞ : Temperatura de alrededores.

T_s : temperatura superficial.

u_c : Velocidad de salida de los gases en la chimenea.

V_s : Velocidad de salida de los gases de combustión en la chimenea.

RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo consiste en lograr el diseño y construcción de un horno incinerador para aves con la finalidad de contribuir al manejo de aves que mueren por aplastamiento dentro de la granja avícola Comalgar.

Esta investigación tiene como objeto reducir el peso y volumen de dichos desechos consiguiendo así que sean de fácil manejo y almacenaje dentro de la granja disminuyendo el problema de desalojo de los restos sólidos.

El problema ambiental es considerado actualmente como un desafío técnico que exige mucho control, prevención y conocimiento que sirva para tomar medidas correctivas. Los residuos generados en la empresa no cuentan con un adecuado tratamiento ya que son arrojados en terrenos baldíos que se encuentran a su alrededor o a las orillas de los caminos con lo que se están creando zonas de desechos orgánicos sin control.

En el capítulo 1 se detalla el problema a investigar así como sus objetivos, mientras que en el capítulo 2 se revisan los fundamentos teóricos; explicando la tipología de los incineradores, se presenta una normativa que se utiliza para el proceso de incineración. En los capítulos 3 y 4 se detallan la modalidad básica de investigación y el análisis e interpretación de resultados respectivamente obteniendo los datos necesarios para un óptimo funcionamiento del horno incinerador para aves.

Con los datos obtenidos en los capítulos anteriores se procede a determinar las conclusiones y recomendaciones durante el estudio realizado en el capítulo 5, en el capítulo 6 se muestran los procedimientos de cálculos para el dimensionamiento del horno; la cantidad de combustible necesario para operar el incinerador. Además se considera la temperatura inicial del horno que será de 16 °C y la temperatura final de 800°C, con esto se dimensiona la chimenea determinando la altura y el diámetro adecuado para respetar los límites permisibles de emisiones de gases a la atmósfera.

CAPÍTULO I

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.

1.1. Tema de investigación.

“Tratamiento de desperdicios, restos contaminantes y su efecto en la contaminación ambiental producida por la empresa avícola Comalgar”

1.2. Planteamiento del problema.

1.2.1. Contextualización del problema.

La producción avícola industrial en el mundo ha crecido constantemente desde mediados de los años noventa, por ejemplo, en el período 1994-2003 creció en un 49%, en el año 2005 creció en un 3% después de una disminución en el año 2004 causada por la presencia de la influenza aviar en el sudeste asiático. Durante este período la contaminación causada por los desechos y el peligro de la influenza y su propagación hicieron que los gobiernos del mundo recurrieran a la utilización de hornos incineradores de aves.

La avicultura ecuatoriana, en especial la del pollo, muestra un futuro alentador, gracias, de un lado, a la buena aceptación que esta carne tiene entre la población local, y de otro, por lo que la oferta de carne de pollo pasó de 250 mil a 283 mil toneladas anuales en dos años, alentada por un mayor consumo del producto en el país.

La provincia de Tungurahua concentra una gran parte de la actividad económica del país en lo que se refiere a la industria alimenticia concretamente en la crianza de pollos de engorde o de postura. Sin embargo, el rápido crecimiento económico e industrial ha traído consigo serios problemas de contaminación.

Las aves muertas constituyen una fuente potencial de contaminación ya que en muchas granjas su eliminación no es en forma adecuada debido a que no se conocen alternativas prácticas y útiles para su desecho.

1.2.2. Análisis crítico.

Si este proyecto no fuera llevado a cabo los avicultores seguirán desechando las aves muertas de una manera errada, es decir, arrojándolas en lugares inadecuados como, terrenos no cultivados o a los orillos de los caminos creando zonas de desechos orgánicos sin control, lo que representa una peligrosa fuente de infección y contaminación.

Los impactos que estos residuos generan en el medio ambiente son: efectos adversos en la flora y fauna de los cursos de agua, producto de la descarga de residuos líquidos con alta carga orgánica y grasas; accidental contaminación de las napas subterráneas y por tanto de las fuentes de suministro de agua potable; molestias en la comunidad por la generación de malos olores tanto en planteles como en las plantas procesadoras; eventuales transmisiones de enfermedades por la presencia de moscas y en menor medida roedores.

Los mayores riesgos potenciales en los seres humanos son la contaminación de cursos de agua utilizados como fuentes de agua potable, y en la transmisión de enfermedades por presencia de patógenos (agua y aire) como virus, bacterias, protozoos y helmintos.

1.2.3. Prognosis.

La realización de un manejo ambiental en toda la línea de producción de la empresa avícola tiene como objeto reducir o eliminar los impactos generados por esta actividad, aumentando la rentabilidad de la misma, ya sea en términos de recuperación de subproductos comercializables, como en términos de reducción de los costos asociados al tratamiento de los residuos generados.

La utilización de un horno incinerador ayudaría a mitigar el impacto ambiental dentro y fuera de la empresa avícola con lo que contribuiríamos a tener un producto sano y apto para el consumo humano ya que las aves que permanecen dentro de la organización no estarían contaminadas por virus o bacterias que causan enfermedad y muerte en los pollos de engorde o de postura.

1.2.4. Formulación del problema.

¿La investigación contribuirá a reducir los desechos generados por la crianza de aves en la empresa avícola Comalgar?

1.2.5. Preguntas directrices.

- ¿Qué parámetros deberán ser tomados en cuenta para el diseño de un horno incinerador de aves?
- ¿Qué materiales son los más adecuados para el diseño del horno?
- ¿Cuál es la temperatura adecuada a usarse en el horno incinerador?
- ¿De qué manera favorecerá el uso del incinerador en la granja avícola?

1.2.6. Delimitación del objeto de investigación.

1.2.6.1. Delimitación de contenido.

- Diseño de elementos.
- Máquinas eléctricas.
- Ciencia de los materiales.
- Transferencia de calor.
- Automatización.
- Contaminación ambiental.

1.2.6.2. Delimitación espacial.

El presente trabajo se realizará en la provincia de Tungurahua concretamente en el sector de Terremoto.

Las actividades complementarias se llevarán a cabo en la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica tanto en la biblioteca como en los laboratorios de la misma, todo lo concerniente a la parte constructiva del horno incinerador se realizará en el taller industrial Mayorga M.I.M.

1.2.6.3. Delimitación temporal.

La investigación se realizará durante los meses de Octubre de 2010 y Junio de 2011.

1.3. Justificación.

La insuficiente atención y control de los problemas ambientales generados por las empresas avícolas han sido identificadas como una de las carencias del quehacer ambiental nacional en los últimos años.

Del total de fuentes puntuales de contaminación inventariadas en el país, más del 70% corresponden a instalaciones industriales y agropecuarias, la actividad agropecuaria y la alimenticia son los sectores productivos de mayor incidencia en el deterioro del saneamiento y de las condiciones ambientales en los diferentes territorios.

La norma de calidad ambiental para el manejo y disposición final de desechos sólidos prohíbe el abandono de estos, cualquiera sea su procedencia, a cielo abierto, patios, predios, viviendas, en vías o áreas públicas y en los cuerpos de agua superficiales o subterráneos.

A demás menciona en los literales 4.1.16 y 4.2.8 que se podrá recibir en el relleno sanitario animales, que como medida de precaución han sido sacrificados en las campañas llevadas a efecto por las autoridades de salud, siguiendo los procedimientos indicados por la entidad ambiental de control.

Por razones de seguridad ambiental y del personal, no se deberá recibir en ningún relleno sanitario, animales que hayan muerto por rabia u otras zoonoses, o animales provenientes de pruebas de laboratorio, bioensayos, etc, para estos animales se recomienda la incineración.

El tratamiento de los restos contaminantes sólidos (aves muertas) producidos por la empresa avícola “Comalgar” mediante el uso de un incinerador de aves permitirá que lo mostrado con anterioridad contribuya a realizar una práctica de producción limpia que va de la mano con normas medioambientales.

1.4. Objetivos.

1.4.1. Objetivo general.

- Establecer el impacto ambiental generado por la incineración de los desechos sólidos y restos contaminantes producidos por la empresa avícola Comalgar.

1.4.2. Objetivos específicos.

- Fijar la temperatura adecuada para la incineración de las aves.
- Precisar la manera en la que favorecerá el uso de un incinerador en las inmediaciones de la granja avícola.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO.

2.1. Antecedentes investigativos.

La Administración de la granja avícola “Comalgar” tiene como empeño desechar los restos de las aves muertas de una manera responsable protegiendo las inmediaciones de la granja y tratando en lo posible de no provocar molestias a las personas que viven a sus alrededores.

- TOAPANTA, Eduardo. *Diseño un prototipo para secado de maíz con ventilador de flujo radial. UTA FICM. Ambato-Ecuador, 2009.*
- DELGADO, Alexandra. *Dimensionamiento de un horno para desechos hospitalarios con minimización de contaminantes en la fuente. ESPO. Guayaquil-Ecuador, 2006.*

2.2. Fundamentación filosófica.

2.2.1 Glosario de términos.

Aislamiento térmico.- Es la capacidad de los materiales para oponerse al paso del calor por **conducción**. Se evalúa por la resistencia térmica que tienen.

Calor.- Es la transferencia de **energía** entre diferentes cuerpos o diferentes zonas de un mismo cuerpo que se encuentran a distintas **temperaturas**. Este flujo siempre ocurre desde el cuerpo de mayor temperatura hacia el cuerpo de menor temperatura.

Calor específico.- Es una **magnitud física** que se define como la cantidad de **calor** que hay que suministrar a la unidad de masa de una sustancia o sistema termodinámico para elevar su temperatura en una unidad.

Ceniza.- Residuo en forma de polvo depositado en el lugar donde se ha quemado el combustible y parte puede ser expulsada al aire como parte del [humo](#).

Coefficiente de convección.- Es una constante de proporcionalidad que depende de las condiciones en la capa límite, en las que influye la geometría de la superficie la naturaleza del movimiento del fluido y otras propiedades más.

Chimenea.- Conducto que facilita el transporte hacia la atmósfera de los productos de combustión generados en la fuente fija.

Combustión.- Oxidación rápida, que consiste en una combinación del oxígeno con aquellos materiales o sustancias capaces de oxidarse, dando como resultado la generación de gases, partículas, luz y calor.

Combustibles fósiles.- Son aquellos hidrocarburos encontrados en estado natural, ejemplos, petróleo, carbón, gas natural, y sus derivados.

Contaminación del aire.- La presencia de sustancias en la atmósfera, que resultan de actividades humanas o de procesos naturales, presentes en concentración suficiente, por un tiempo suficiente y bajo circunstancias tales que interfieren con el confort, la salud o el bienestar de los seres humanos o del ambiente.

Contaminante del aire.- Cualquier sustancia o material emitido a la atmósfera, sea por actividad humana o por procesos naturales, y que afecta adversamente al hombre o al ambiente.

Conductividad térmica.- La conductividad térmica es la capacidad de una sustancia de transferir la [energía cinética](#) de sus moléculas a otras moléculas adyacentes o a sustancias con las que está en contacto.

Densidad.- La densidad de una sustancia es una [magnitud](#) escalar referida a la cantidad de [masa](#) contenida en un determinado [volumen](#).

Emisión.- La descarga de sustancias en la atmósfera. Para propósitos de esta investigación, la emisión se refiere a la descarga de sustancias provenientes de actividades humanas.

Fluido.- Es una **sustancia** o **medio continuo** que se deforma continuamente en el **tiempo** ante la aplicación de una sollicitación o **tensión tangencial** sin importar la **magnitud** de ésta.

Flujo laminar.- Es el movimiento del fluido es altamente ordenado y posible de identificar líneas de flujo a lo largo de las cuales se mueven las partículas.

Flujo turbulento.- Movimiento de un **fluido** que se da en forma **caótica**, en que las **partículas** se mueven desordenadamente y las trayectorias de las partículas se encuentran formando pequeños remolinos aperiódicos.

Fuente fija de combustión.- Es aquella instalación o conjunto de instalaciones, que tiene como finalidad desarrollar operaciones o procesos industriales, comerciales o de servicios, y que emite o puede emitir contaminantes al aire, debido a proceso de combustión, desde un lugar fijo o inamovible.

Horno.- Es un dispositivo que genera **calor** y que lo mantiene dentro de un compartimento cerrado.

Material particulado.- Está constituido por material sólido o líquido en forma de partículas, con excepción del agua no combinada, presente en la atmósfera en condiciones normales.

Masa.- Es la cantidad de materia de un cuerpo. Es una propiedad intrínseca de los cuerpos que determina la medida de la **masa inercial** y de la **masa gravitacional**.

Número de Grashof.- Proporciona una medida de la razón de las fuerzas de empuje a las fuerzas viscosas en la capa límite hidrodinámica.

Número de Nusselt.- Es igual al gradiente de temperaturas adimensional en la superficie y proporciona una medida de la transferencia de calor por convección que ocurre en la superficie.

Número de Prandtl.- Proporciona una medida efectiva relativa del transporte de momento y energía por difusión en las capas límites hidrodinámica y térmica.

Número de Reynolds.- Es la relación de la fuerza de inercia sobre un elemento de fluido a la fuerza viscosa. Determina la existencia de flujo laminar o turbulento.

Puntos de medición.- Son puntos específicos, localizados en las líneas de muestreo, en los cuales se realizan las mediciones y se extrae la muestra respectiva.

Residuo.- Es cualquier material que su productor o dueño considera que no tienen valor suficiente para retenerlo.

2.2.2 Hornos industriales.¹

En las actividades industriales se producen con frecuencia grandes cantidades de residuos sólidos y líquidos que deben ser eliminados de forma económica, respetando la normativa medioambiental. Los hornos incineradores posibilitan una destrucción eficaz de residuos de características muy heterogéneas.

El horno es la cámara donde se vaporiza, piroliza, gasifica y, aunque parcialmente, combustiona el residuo. Es evidente que una parte importante de la combustión ha de generarse en el interior del horno, de lo contrario la temperatura generada sería insuficiente para mantener el nivel térmico.

2.2.2.1 Tipos de hornos industriales.

2.2.2.1.1 Hornos de parrillas.

Son los más conocidos y los más extendidos debido a su empleo en el tratamiento de restos sólidos, por su versatilidad y capacidad de tratamiento.

¹ ELIAS, Xavier. (2005). Tratamiento y Valorización Energética de Residuos. pág. 185

La carga se introduce en la parrilla por gravedad o por medio de un cilindro hidráulico. Por lo general el residuo se introduce “todo en uno”, es decir sin triturar lo que favorece la presencia de acumulaciones de material que impiden la libre transmisión de calor por radiación.

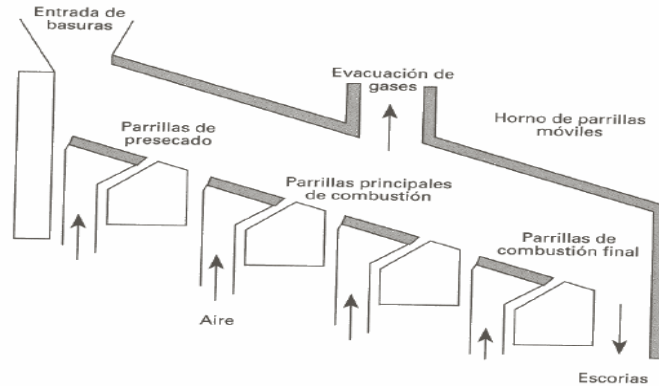


Fig. 2-1: Funcionamiento de un horno de parrillas.

Fuente: “Xavier Elías”

El movimiento de la carga sobre la superficie de la parrilla se logra por efecto de la gravedad o bien por diversos mecanismos que obligan a la carga a desplazarse, como los rodillos o las parrillas móviles.

Según el modo de accionamiento de las parrillas la introducción del aire, que se inyecta por la parte inferior es diferente.

2.2.2.1.2 Hornos rotatorios.

Este tipo de horno es muy versátil y es apto para trabajar con materiales sólidos, fangosos e incluso líquidos. La alimentación del horno se ajusta hasta lograr que la carga ocupe, aproximadamente un 20% del volumen interno del horno.

La función principal del horno es convertir los residuos sólidos, líquidos o pastosos en gases. Ello se consigue en este tipo de hornos gracias a:

- Variación de la velocidad e inclinación del horno, con lo que el tiempo de residencia de los sólidos aumenta hasta lograr su total destrucción.
- Aumento de la temperatura muy por encima de la que puede conseguirse en un horno de parrillas, puesto que en su interior está íntegramente construido con materiales refractarios y aislantes.

- Posibilidad de trabajar con un exceso de aire mínimo, estequiometría e incluso defecto de aire. En estas condiciones la velocidad de la corriente de gases es muy débil y se minimiza el arrastre de material particulado.
- Posibilidad de inyectar aire de combustión caliente (más de 250°C), con lo que la calidad y cinética de los procesos se ve muy mejorada.

El horno está constituido por un recipiente de acero recubierto interiormente con una capa de refractario y aislante. Su forma es casi cilíndrica. El horno dispone de una entrada para la alimentación de residuos, un quemador auxiliar y la entrada de aire comburente.

La salida de gases se lleva a cabo en toda la sección del horno y por la chimenea. Las escorias, caen por el cenicero que dispone el horno. De esta manera es factible extraer del horno las escorias de un proceso continuo, circunstancia que favorece la marcha general del proceso y evita que la instalación deba pararse periódicamente.

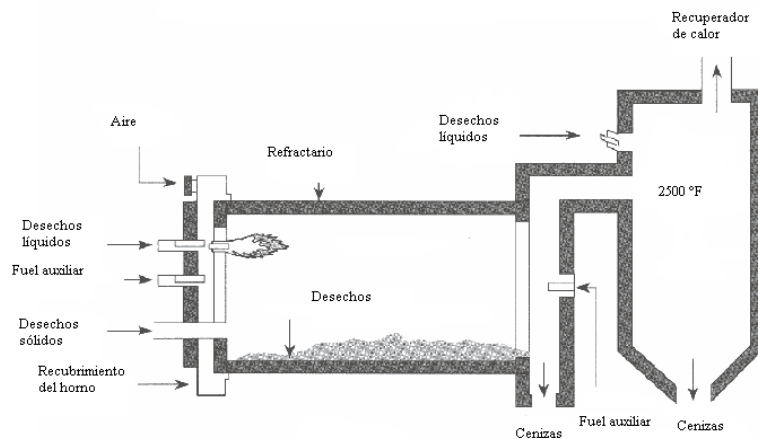


Fig. 2-2: Partes y funcionamiento de un horno rotatorio.

Fuente: “Xavier Elías”

2.2.2.1.3 Hornos para líquidos.

Son reactores cilíndricos, en disposición vertical u horizontal con revestimiento de material refractario en su interior y equipados con uno o más quemadores. Por lo general uno es el quemador, más bien inyector y atomizador del residuo líquido mientras que el otro es el quemador de combustible convencional. Los modelos verticales son más usados cuando el residuo contiene un alto porcentaje de sales o cenizas inorgánicas.

Alcanzan temperaturas entre 700 y 1000 °C, intervalos de temperaturas de los cuales la mayoría de los líquidos combustionan correctamente. El principal problema estriba en el diseño de la boquilla atomizadora del combustible líquido. La cámara se ha de diseñar para que durante la trayectoria que siguen las gotas del líquido, estas volaticen y se oxiden en fase gaseosa.

Las principales ventajas son su bajo coste de explotación, por no tener partes móviles. El principal inconveniente radica en la propensión a embozarse de las boquillas atomizadoras.

Hay que pensar que la finalidad de esta instalación es la transferencia de calor hacia los tubos de la caldera para su conversión en vapor. Ello supone una disminución de la temperatura de los gases que, a veces, puede ir en contra de los principios antes anunciados de reducción del tiempo de residencia.

Con frecuencia un típico incinerador de residuos líquidos donde la longitud del incinerador, la mala calidad de la atomización del combustible, el brusco enfriamiento de la corriente de gases a la salida del incinerador o bien una suma de estos problemas conduce a un mismo resultado: la ineficacia de la destrucción térmica.

2.2.2.1.4 Hornos crematorios.

La incineración de cuerpos o desechos sólidos es el proceso de transformarlos en material inerte (cenizas) y productos de combustión. Se dice que la incineración es un tratamiento y no un método de disposición final dado la existencia de dicho material.

El proceso de la cremación tiene lugar en el llamado crematorio. Consiste de uno o más hornos y utilería para el manejo de las cenizas. Un horno de cremación es un horno industrial capaz de alcanzar altas temperaturas (de aproximadamente 850 °C), con modificaciones especiales para asegurar la eficiente desintegración del cuerpo. Una de esas modificaciones consiste en dirigir las llamas al torso del cuerpo, en donde reside la principal masa corporal.

Antes de introducir la carga, la primera cámara debe de estar a un mínimo de 600°C. En la segunda cámara se exige una temperatura de 850°C y un tiempo de

residencia de 2 segundos (este es un factor primordial en estas instalaciones). La velocidad de salida de los gases ha de ser, como mínimo de 15 m/s.

Por lo general la operación se demora de 100 a 120 minutos. Durante los 30 primeros minutos se consume el 75% en peso, estos datos son importantes para el diseño de la cámara de postcombustión.

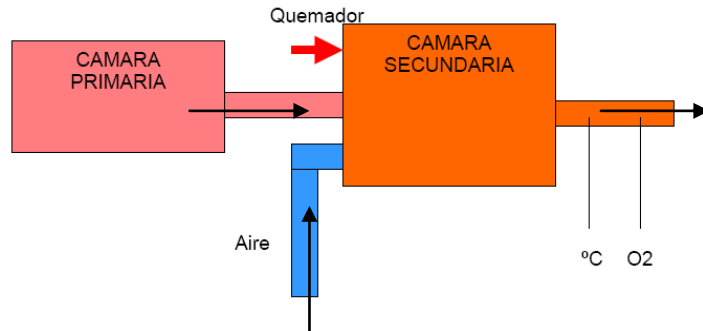


Fig. 2-3: Esquema de un horno crematorio.

Fuente: “Paúl Núñez”

2.2.3 Transferencia de calor.²

Proceso por el que se intercambia energía en forma de calor entre distintos cuerpos, o entre diferentes partes de un mismo cuerpo que están a distinta temperatura. El calor se transfiere mediante convección, radiación o conducción. Aunque estos tres procesos pueden tener lugar simultáneamente, puede ocurrir que uno de los mecanismos predomine sobre los otros dos.

2.2.3.1 Conducción.

Al mencionar la palabra conducción debemos evocar de inmediato conceptos de actividad atómica y molecular. Pues hay procesos en estos niveles que sustentan este modo de transferencia de calor. La conducción se considera como la transferencia de energía de las partículas más energéticas a las menos energéticas de una sustancia debido a las interacciones entre las mismas.

En los sólidos, la única forma de transferencia de calor es la conducción. No se comprende en su totalidad el mecanismo exacto de la conducción de calor en los

² INCROPERA, Frank. (1999). Fundamentos de Transferencia de Calor. Editorial continental. México. Pág. 2-5.

sólidos, pero se cree que se debe, en parte, al **movimiento** de los electrones libres que transportan energía cuando existe una diferencia de temperatura.

Es posible cuantificar los procesos de transferencia de calor en términos de las ecuaciones o modelos apropiados. Estas ecuaciones sirven para calcular la cantidad de energía que se transfiere por unidad de tiempo. Para la conducción de calor el modelo se conoce como Ley de Fourier.

$$q''_x = -k \frac{dT}{dx}$$

Donde:

q''_x = Transferencia de calor por unidad de área (W/m^2).

k = Conductividad térmica ($W/m \cdot K$).

dT/dx = Gradiente de temperatura.

2.2.3.2 Convección.

Si existe una diferencia de temperatura en el interior de un líquido o un gas, es casi **seguro** que se producirá un movimiento del fluido. Este movimiento transfiere calor de una parte del fluido a otra por un proceso llamado convección. El movimiento del fluido puede ser natural o forzado. Si se calienta un líquido o un gas, su **densidad** (masa por unidad de **volumen**) suele disminuir. Si el líquido o gas se encuentra en el campo gravitatorio, el fluido más caliente y menos denso asciende, mientras que el fluido más frío y más denso desciende. Este tipo de movimiento, debido exclusivamente a la no uniformidad de la temperatura del fluido, se denomina convección natural.

La convección forzada se logra sometiendo el fluido a un gradiente de presiones, con lo que se **fuerza** su movimiento de acuerdo a las **leyes** de la **mecánica** de fluidos.

Sin importar la naturaleza particular del proceso de transferencia de calor por convección, la ecuación apropiada es de la forma:

$$q'' = h(T_s - T_\infty)$$

Donde:

q'' = flujo de calor por convección (W/m^2).

T_s = Temperatura de la superficie.

T_∞ = Temperatura del fluido.

h = coeficiente de transferencia de calor por convección ($W/m^2 * K$).

2.2.4. Resistencia térmica.³

De la misma manera que se asocia una resistencia eléctrica con la conducción de electricidad se asocia una resistencia térmica con la conducción de calor. Al definir la resistencia como la razón de un potencial de transmisión a la transferencia de calor correspondiente se tiene que la resistencia térmica para la conducción es:

$$R_{tcond} = \frac{T_{s1} - T_{s2}}{q_x}$$

2.2.4.1 La pared plana.

Una resistencia térmica también se asocia con la transferencia de calor mediante convección a una superficie.

³ INCROPERA, Frank. (1999). Fundamentos de Transferencia de Calor. Editorial continental. México. Pág. 75, 78, 92.

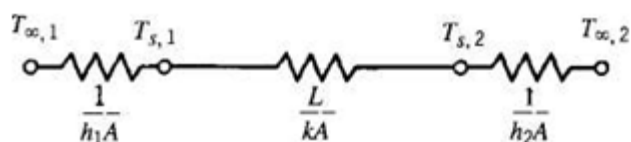
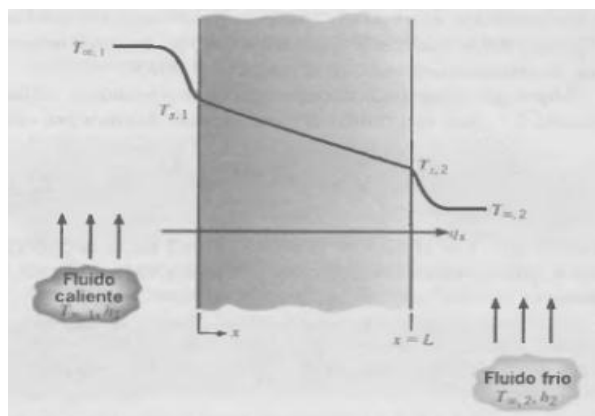


Fig. 2-4: Transferencia de calor a través de una pared plana

Fuente: “Incropera”

La resistencia térmica para la convección es entonces:

$$R_{t\text{conv}} = \frac{T_s - T_\infty}{q} = \frac{1}{hA}$$

2.2.4.2 Pared compuesta.

Los circuitos térmicos también sirven para sistemas más complejos, como las paredes compuestas. Estas paredes incluyen cualquier número de resistencias térmicas en serie y en paralelo debido a capas de diferentes materiales.

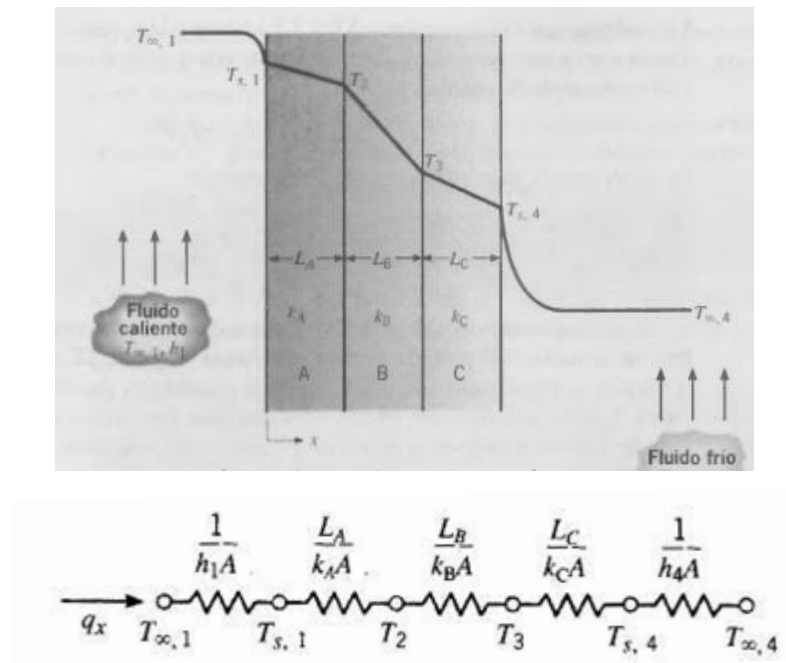


Fig. 2-5: Circuito térmico equivalente para una pared compuesta

Fuente: “Incropera”

La transferencia unidimensional para este sistema se expresa como:

$$q_x = \frac{T_i - T_\infty}{\frac{1}{h_1 A} + \frac{L_A}{k_A A} + \frac{L_B}{k_B A} + \frac{L_C}{k_C A} + \frac{1}{h_4 A}}$$

2.2.4.3 El cilindro.

La distribución de temperaturas asociada con la conducción radial a través de una pared cilíndrica es logarítmica y no lineal, como lo es para la pared plana. De esta analogía evidente se tiene que, para la conducción radial en una pared cilíndrica, la resistencia térmica es de la forma:

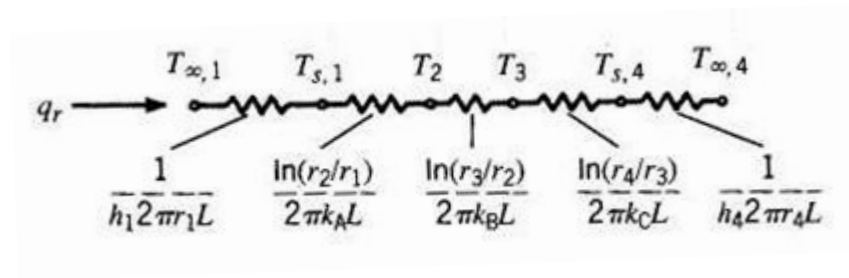
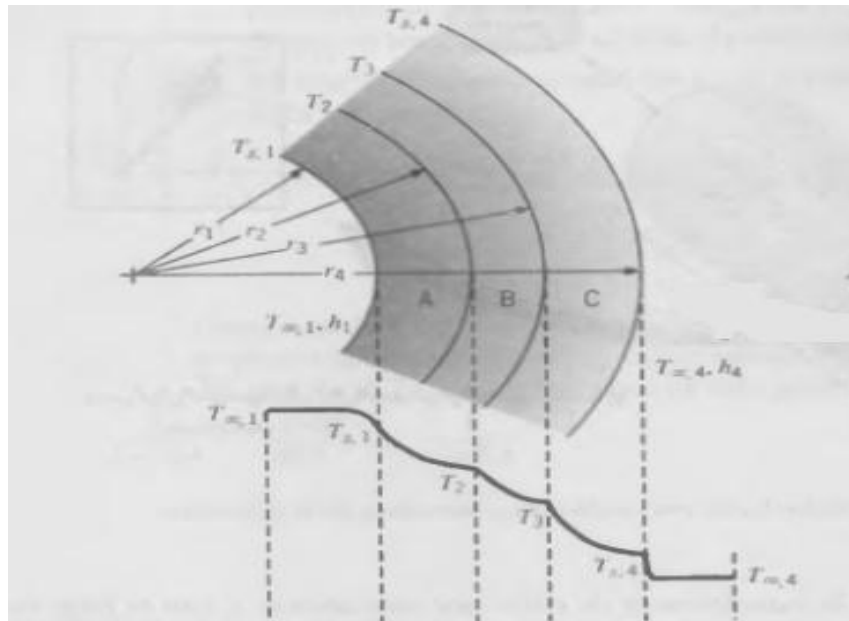


Fig. 2-6: Distribución de temperaturas para una pared cilíndrica compuesta

Fuente: “Incropera”

$$q_r = \frac{T_i - T_\infty}{\frac{1}{h_1 2\pi r_1 L} + \frac{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}{2\pi k_A L} + \frac{\ln\left(\frac{r_3}{r_2}\right)}{2\pi k_B L} + \frac{\ln\left(\frac{r_4}{r_3}\right)}{2\pi k_C L} + \frac{1}{h_4 2\pi r_4 L}}$$

2.2.5. Material refractario.

Un material refractario es aquel capaz de resistir las condiciones del medio en el que está inmerso sin alteraciones importantes en sus propiedades físico-químicas.

Las condiciones del medio no incluyen únicamente el efecto de la temperatura, sino también la resistencia al ataque por fundidos, al choque térmico y, en general, todas aquellas sollicitaciones a la que vaya a estar sometido el material en servicio.

2.2.5.1 Tipos de material refractario.

Los refractarios se dividen en cuatro grupos: ácidos, básicos, neutros y especiales con base en su comportamiento químico.

- **Refractarios Ácidos:** Incluyen las arcilla de sílice, de alúmina y refractarios de arcilla. La sílice pura a veces se utiliza para contener metal derretido. Los refractarios de arcilla por lo general son relativamente débiles, pero poco costosos. Contenidos de alúmina por arriba de aproximadamente el 50% constituyen los refractarios de alta alúmina.
- **Refractarios Básicos:** Varios refractarios se basan en el MgO (magnesita o periclasa). El MgO puro tiene un punto de fusión alto, buena refractariedad, buena resistencia al ataque por los entornos que a menudo se encuentran en los procesos de fabricación de acero. Típicamente, los refractarios básicos son más costosos que los refractarios ácidos.
- **Refractarios Neutros:** Normalmente incluyen la cromita y la magnesita, pueden ser utilizados para separar refractarios ácidos de los básicos, impidiendo que uno ataque al otro.
- **Refractarios Especiales:** El carbono, el grafito, es utilizado en muchas aplicaciones refractarias, particularmente cuando operan en atmósfera no oxidante. Estos materiales refractarios incluyen la circonita (ZrO_2), el circonita ($ZrO_2 \cdot SiO_2$) y una diversidad de nitruros, carburos y boruros.

2.2.5.2 Presentación del material refractario.

- **Cemento refractario:** Mezcla que se utiliza para el revestimiento de paredes en hornos y calderas. Posee una mezcla mayor del 70% de Al_2O_3 y SiO_2 al 25 por ciento con una resistencia térmica de 1500 °C.



Fig. 2-7: Presentación del cemento refractario

Fuente “Paúl Núñez”

- **Mortero refractario:** Se utiliza como material de agarre, revestimiento de paredes, y para tomar las juntas entre hiladas de ladrillo refractario.
- **Ladrillo refractario:** El ladrillo refractario tiene sus caras lisas, lo que disminuye la adherencia con el mortero, resiste bien las altas temperaturas y la abrasión, es buen aislante térmico y es relativamente caro (actualmente el precio de un ladrillo refractario equivale aproximadamente al precio de diez ladrillos comunes).

2.2.6. Aislante térmico.

Un aislante térmico es un material usado en la construcción y la industria y caracterizado por su alta resistencia térmica. Establece una barrera al paso del calor entre dos medios que naturalmente tenderían a igualarse en temperatura, impidiendo que entre o salga calor del sistema que nos interesa.

Uno de los mejores aislantes térmicos es el vacío, en el que el calor sólo se transmite por radiación, pero debido a la gran dificultad para obtener y mantener condiciones de vacío se emplea en muy pocas ocasiones. En la práctica se utiliza mayoritariamente aire con baja humedad, que impide el paso del calor por conducción, gracias a su baja conductividad térmica, y por radiación, gracias a un bajo coeficiente de absorción.

2.2.6.1 Tipos de aislante térmico.

A continuación se nombrarán algunos de los aislantes térmicos usados en la industria:

2.2.6.1.1 Lana de roca.

La lana de roca es un material aislante térmico, incombustible e imputrescible. Este material se diferencia de otros aislantes en que es un material resistente al fuego, con un punto de fusión superior a los 1.200 °C.

La lana de roca se comercializa en paneles rígidos o semirígidos, fieltros, mantas armadas y coquillas. También es un excelente material para aislamiento acústico en construcción liviana, para suelos, techos y paredes interiores.

Densidades: 100-160 kg/m³

Coefficiente de conductividad térmica: 0,030 a 0,041 W/(m·K)

2.2.6.1.2 Vidrio expandido.

Además de aislante es una barrera de vapor muy efectiva, lo que no suele ser normal en los aislantes térmicos. Está formado por vidrio, generalmente reciclado y sin problemas de tratar el color, puesto que no importa el color del producto, que se hace una espuma en caliente, dejando celdillas con gas encerrado, que actúan como aislante. Su rigidez le hace más adecuado que otros aislantes para poder recubrirlo de yeso. Es poco utilizado en la construcción.

2.2.6.1.3 Espuma elastomérica.

Es un aislante con un excelente rendimiento en baja y media temperatura y de fácil instalación. Posee en su estructura una barrera de vapor y un comportamiento totalmente ignífugo.

- Coef. de conductividad: 0,030 kcal/h·m·°C
- Temperatura de trabajo óptima: -40 a 115 °C

Es fácilmente atacable por la radiación ultravioleta por lo cual se lo debe proteger de la luz del sol.

2.2.6.1.4 Lana de vidrio.

La lana de vidrio es una lana mineral. Fabricada con millones de filamentos de vidrio unidos con un aglutinante. Las burbujas de aire atrapadas en las fibras impiden la transmisión térmica.



Fig. 2-8: Lana mineral de vidrio

Fuente “Paúl Núñez”

La lana mineral de vidrio es el material aislante térmico y acústico más eficiente y de más fácil manejo desde un punto de vista económico y medioambiental debido a tres razones fundamentales:

1. La lana mineral de vidrio ofrece la mejor relación resistencia térmica / precio (mejor valor).
2. La lana mineral de vidrio es el material ideal para aislar acústicamente.
3. La lana mineral de vidrio presenta el mejor equilibrio ambiental (respecto a las emisiones de CO₂).

A continuación se detallan algunas de las propiedades de la lana de vidrio:

a) Propiedades térmicas.

Un material aislante se caracteriza por el valor de su conductividad térmica; su poder aislante es tanto más elevado cuanto más pequeña es su conductividad.

La lana de vidrio es un material compuesto. El fieltro, que se forma en la cadena, está constituido por fibras entrecruzadas desordenadamente, que impiden las corrientes de convección del aire. Es evidente que la conductividad térmica del fieltro será no una conductividad sólida real, sino una conductividad aparente y

que será el balance de los efectos conjugados de varios procesos de cambios de calor, que vamos a tratar de analizar a continuación:

- 1) El aire inmovilizado por la red de fibras, es un volumen proporcionalmente importante; por tanto, una parte de la transmisión de calor se hará por convección.
- 2) Las fibras, en contacto unas con otras, permiten la transmisión de calor por conducción.
- 3) Finalmente, las fibras intercambian energía entre sí, por radiación.

La relativa importancia de estas formas distintas de cambio de calor dependen de:

- El diámetro de las fibras.
- La densidad aparente del producto.

La conductividad térmica resulta, en la práctica, de la combinación de la transmisión gaseosa y de la radiación; siendo despreciables las otras dos.

El valor de dicha conductividad varía de 0,032 a 0,045 W/ (m · K).

b) Otras propiedades.

La lana de vidrio es incombustible, inatacable por los agentes exteriores: aire, vapor de agua, ácidos (excepto de fluorhídrico) y bases no concentradas. El pH de la composición, 7 aproximadamente, asegura a la fibra una estabilidad total, incluso en medio húmedo y garantiza al usuario la no existencia de corrosión de los metales en contacto con ella.

2.2.7. Quemadores Industriales

Los quemadores son los equipos donde se realiza la combustión, por tanto deben contener los tres vértices del triángulo de combustión, es decir que deben lograr la mezcla íntima del combustible con el aire y además proporcionar la energía de activación.

Por la forma en que toman el aire de combustión se distinguen dos tipos de quemadores:

- Quemadores atmosféricos.
- Quemadores mecánicos.

2.2.7.1 Quemadores atmosféricos.

Únicamente se emplean para combustibles gaseosos.

Una parte del aire necesario para la combustión (Aire Primario) se induce en el propio quemador por el chorro de gas salido de un inyector (efecto Venturi); el aire restante (Aire Secundario) se obtiene por difusión del aire ambiente alrededor de la llama. En este tipo de quemadores se tienen combustiones con altos índices de exceso de aire.

La principal ventaja de este sistema es su simplicidad y bajo coste. Aunque se pueden fabricar para potencias unitarias altas (unos 1.200 kW), los empleados habitualmente en climatización no superan los 300 kW.

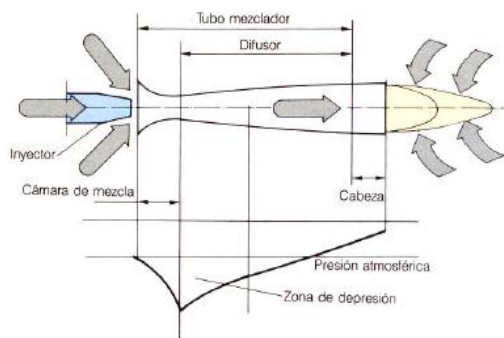


Fig. 2-9: Quemador atmosférico.

Fuente:<http://www.energia.inf.cu/ieemep/SyT/CDG/Taller1BURE/QUEMADORES.PDF>

2.2.7.2. Quemadores mecánicos.

También se denominan como Quemadores a Sobrepresión; el aire de combustión es introducido mediante un ventilador, existen diversos sistemas para lograr la mezcla del aire con el combustible.

En el caso de gas, el combustible se introduce mediante los inyectores, aprovechando la propia presión de suministro. En los combustibles líquidos se utilizan diversos sistemas para su pulverización, de modo que se creen microgotas de combustible que facilitan su mezcla con el aire. El tipo más extendido es el de pulverización mecánica.

Por el número de escalones de potencia que producen, se distinguen los siguientes tipos de quemadores:

- **De una marcha.**

Son quemadores que sólo pueden funcionar con la potencia a la que hayan sido regulados, son quemadores de pequeña potencia.

- De varias marchas.

Son quemadores con dos ó más escalones de potencia (habitualmente dos); es decir, que pueden funcionar produciendo potencias distintas.

- Modulantes.

Estos quemadores ajustan continuamente la relación Aire - Combustible, de manera que pueden trabajar con rendimientos elevados en una amplia gama de potencias; adecuándose de manera continua a las necesidades de producción.

2.2.8. Uso del gas licuado de petróleo como combustible.

El término Gas Licuado de Petróleo corresponde a aquellos hidrocarburos cuyos principales componentes son propano y butano, además de iso butano, butileno o a mezclas de ellos en pequeñas cantidades.

La alta concentración de calor generado por la llama, la uniformidad y precisión de la regulación de la temperatura y la posibilidad de suministrarlo en combinaciones formuladas especialmente para los diversos tipos de uso, hacen del Gas Licuado de Petróleo un producto versátil para la industria.

Gracias a la facilidad de almacenaje, transporte y distribución, el Gas Licuado de Petróleo es el combustible que llega también a las áreas más alejadas y de difícil acceso para otras fuentes de energía.

Los altos niveles de rendimiento y versatilidad hacen del Gas Licuado de Petróleo un combustible universal, capaz de sustituir a cualquier otro combustible líquido o gaseoso en cualquier tipo de aplicación.

Tabla N° 1: Propiedades del GLP a 15.06 °C

	PROPANO	BUTANO	MEZCLA
Fórmula	C ₃ H ₈	C ₄ H ₁₀	
Punto inicial de ebullición (°C)	-42	-1	-42
Gravedad específica del líquido (kg/litro)	0,504	0,582	0,519
Peso por metro cúbico de líquido (Kg.)	504	582	519
Calor específico del líquido (kj/kg)	1,464	1,276	1,426
Metros cúbicos de vapor por litro	0,271	0,235	0,264
Metros cúbicos de vapor por kilogramo	0,539	0,410	0,513
Gravedad específica de vapor (aire = 1,0)	1,50	2,01	1,60
Temperatura de ignición en aire	439-549	482-538	482-519
Temperatura máxima de llama en aire °C	1980	2008	2000
Límites de flamabilidad en aire, % de vapor en mezcla de gas-aire			
a) Bajo	2,15	1,55	1,55
b) Alto	9,60	8,60	9,60
Calor latente de vaporización en el punto de ebullición (kj/kg)	428	388	426

Fuente: REPSOL

2.2.8.1. Beneficios del gas licuado de petróleo.

- Ofrece un elevado poder calorífico, alto rendimiento.
- Su combustión sin residuos de azufre, ni micropartículas, permite respetar al máximo el medio ambiente.
- Ofrece una inmejorable relación calidad/precio y un importante ahorro energético con relación a otras energías.
- Su instalación centralizada, construida y controlada por sistemas altamente fiables, presenta una seguridad sin riesgos.

2.2.9. Combustión.

La combustión es la reacción de un producto químico oxidable liberando calor y emisiones lumínicas, la reacción se confina generalmente a una zona denominada llama donde se produce la mayor parte de las reacciones del proceso. El oxígeno molecular, generalmente se suministra como aire ambiental.

La reacción de combustión se basa en la reacción química exotérmica de una sustancia denominada combustible, con el oxígeno, esta mezcla de sustancia que contiene oxígeno se denomina comburente.

La reacción química entre el combustible y el oxígeno origina sustancias gaseosas. Los productos más comunes son CO₂ y H₂O a los productos de una reacción de combustión se los denomina humos.

a) Combustión con aire.

La mayor parte de los procesos de combustión se llevan a cabo con aire y no con oxígeno puro.

El aire está formado por O, N, Ar y otros vapores y gases inertes. Su composición volumétrica o molar es 21% de O, 78% de N y 1% Ar, en el que ni el N y Ar intervienen en la reacción química.

b) Aire teórico.

La cantidad mínima de aire necesaria para oxidar a los reactivos se conoce como aire teórico. Cuando la combustión se lleva a cabo con el aire teórico esta debe ocurrir íntegramente.

Se requiere entonces un exceso de aire, este exceso de aire generalmente se expresa como un porcentaje del aire teórico y se denomina coeficiente de exceso de aire.

c) Relación aire combustible.

Es la relación en masa entre el aire y el combustible en la mezcla. Esta relación depende tanto de la estequiometría como el exceso de aire. La masa de cada componente es igual al producto del número de moles por su masa molecular.

2.2.10. La Empresa.

La granja avícola Comalgar es una empresa dedicada a producir y comercializar aves en pie, cumpliendo las expectativas de sus clientes con estrategias eficientes para el desarrollo integral y satisfacción del público.

La empresa se encuentra ubicada en la parroquia de Terremoto Provincia de Tungurahua, se halla funcionando desde hace 10 años y tiene una capacidad de producción de 3200 aves distribuidas en cuatro galpones. Cuenta con áreas verdes, tanques reservorios para el almacenamiento de agua, tiene bodegas para la acumulación del maíz y una fábrica de balanceado la cual provee de alimento a las aves que en estas inmediaciones son criadas.

El principal problema que posee este plantel es el desecho de las aves muertas ya que hasta el día de hoy estas son arrojadas en lugares inadecuados como, los terrenos baldíos que se encuentran a su alrededor o a las orillas de los caminos con lo que se están creando zonas de desechos orgánicos sin control.

A continuación se detalla en un croquis la infraestructura de la organización con el fin de indicar la distribución de todas y cada una de las unidades que conforma la misma:

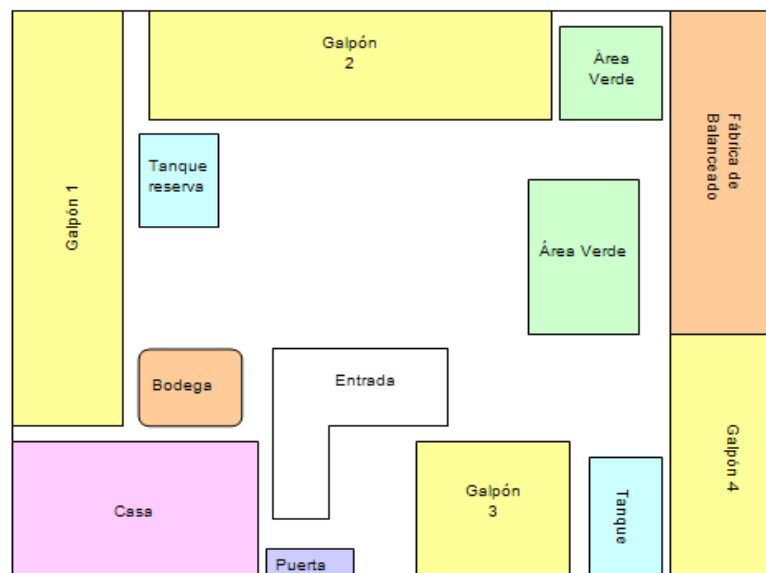


Fig. 2-10: Infraestructura de la organización

Fuente: “Paúl Núñez”

2.2.10.1. Generación de residuos en la granja avícola.

Los principales residuos generados en el plantel avícola Comalgar son residuos sólidos (aves muertas). Adicionalmente, existe presencia de vectores sanitarios como: roedores, moscas e insectos.

A continuación, se indican las principales fuentes generadoras de residuos:

- Generación de residuos sólidos.

- Aves muertas.

- Vectores sanitarios.

- Existencia, en los planteles en general, de moscas, roedores e insectos.

- Emisiones atmosféricas.

- Olores provenientes del mal manejo de las aves muertas.

2.2.10.2. Manejo de aves enfermas y/o muertas.

El mejor programa de limpieza y desinfección no vale nada si no se toman medidas razonables para asegurar que los pollos sanos que se reciben en la granja se mantengan sanos. Por tal razón se debe tomar en consideración lo siguiente:

- Las aves del predio que se encuentren enfermas deben ser separadas de las aves sanas y de otros animales.
- Se deben retirar diariamente todas las aves muertas desde el interior del corral.
- La mortalidad de las aves aumenta por causas infecciosas desconocidas así como por aplastamiento.
- Se recomienda no consumir aves muertas y/o enfermas, ni dárselas de alimento a otras especies de animales como: perros o cerdos.
- Las aves muertas deben ser eliminadas por medio de incineración o compostaje, alejado de las fuentes de agua y otros animales.
- Los contenedores para almacenar y/o transportar las aves muertas deben ser fáciles de limpiar y desinfectar.

2.2.11. Impacto ambiental.

Se entiende por impacto ambiental al efecto que produce una determinada acción humana sobre el medio ambiente en sus distintos aspectos. El concepto puede extenderse, con poca utilidad, a los efectos de un fenómeno natural catastrófico. Técnicamente, es la alteración de la **línea de base**, debido a la **acción antrópica** o a eventos naturales. Las acciones humanas, motivadas por la consecución de diversos fines, provocan efectos colaterales sobre el medio natural o social.

Para que la contaminación sea detectable, el contaminante deberá estar en cantidad o concentración suficiente como para provocar ese desequilibrio detectable en el medio. Los agentes contaminantes tienen relación con el crecimiento de la población y el consumo (combustibles fósiles, la generación de basura, desechos industriales, etc.), ya que, al aumentar estos, la contaminación que ocasionan es mayor.

Se denomina contaminación ambiental a la presencia en el ambiente de cualquier agente (físico, químico o biológico) o bien de una combinación de varios agentes en lugares, formas y concentraciones tales que sean o puedan ser nocivos para la salud, para la seguridad o para el bienestar de la población, o que puedan ser perjudiciales para la vida vegetal o animal, o que impidan el uso habitual de las propiedades y lugares de recreación y el goce de los mismos. La contaminación ambiental es también la incorporación a los cuerpos receptores de sustancias sólidas, líquidas o gaseosas o de mezclas de ellas, siempre que alteren desfavorablemente las condiciones naturales de los mismos o que puedan afectar la salud, la higiene o el bienestar del público.

2.2.12. Calidad del aire ambiente.⁴

La calidad del aire ambiente está sujeta en la Ley de Gestión Ambiental y del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental y se somete a las disposiciones de éstos, es de aplicación obligatoria y rige en todo el territorio nacional.

2.2.12.1. Contaminantes en los gases procedentes de la incineración.

⁴ Norma de Calidad del Ambiente (TULAS). Libro VI anexo 4.

La captación y depuración de partículas presenta una problemática muy diversa en los distintos procesos industriales que generan emisiones a la atmósfera. La recuperación de productos en polvo del gas de descarga es vital para cualquier industria para evitar los problemas de polución o aumentar el rendimiento de la planta.

En líneas muy generales los contaminantes presentes en los gases procedentes de la incineración de residuos se pueden dividir en cuatro grandes grupos:

- **Gases ácidos**, provienen de la composición del propio residuo. Se deben abatir por vía seca a base de inyectar reactivos o por vía húmeda.
- **Compuestos orgánicos**. Que van desde los hidrocarburos a las dioxinas pasando por el CO. En general son consecuencia del propio proceso de combustión. Por tanto hay que prestar atención al horno, la cámara de oxidación y al enfriamiento de la corriente gaseosa.
- **Partículas**: Esta son consecuencia de la fracción inorgánica presente en el residuo. Las escorias se recogen del cenicero, mientras que el material fino ha de recuperarse en el ciclón, filtro de mangas o electrostático.
- **Metales pesados**: proceden del residuo a incinerar. El sistema habitual para su abatimiento es la adsorción y los filtros de mangas y electrostáticos.

2.2.12.2. Concentraciones de contaminantes comunes en el aire ambiente.

La Entidad Ambiental de Control utilizará los valores de concentraciones máximas de contaminantes del aire ambiente aquí definidos, para fines de elaborar su respectiva norma sectorial.

- **Partículas sedimentables.**- La máxima concentración de una muestra, colectada durante 30 (treinta) días de forma continua, será de un miligramo por centímetro cuadrado ($1 \text{ mg/cm}^2 \times 30 \text{ d}$).

- **Material particulado menor a 10 micrones (PM10).**- El promedio aritmético de la concentración de PM_{10} de todas las muestras en un año no deberá exceder de cincuenta microgramos por metro cúbico ($50 \text{ } \mu\text{g/m}^3$). La concentración máxima en 24 horas, de todas las muestras colectadas, no deberá exceder ciento cincuenta

microgramos por metro cúbico ($150 \mu\text{g}/\text{m}^3$), valor que no podrá ser excedido más de dos (2) veces en un año.

- **Material particulado menor a 2,5 micrones (PM_{2,5}).**- Se ha establecido que el promedio aritmético de la concentración de PM_{2,5} de todas las muestras en un año no deberá exceder de quince microgramos por metro cúbico ($15 \mu\text{g}/\text{m}^3$). La concentración máxima en 24 horas, de todas las muestras colectadas, no deberá exceder sesenta y cinco microgramos por metro cúbico ($65 \mu\text{g}/\text{m}^3$), valor que no podrá ser excedido más de dos (2) veces en un año.

- **Monóxido de carbono (CO).**- La concentración de monóxido de carbono de las muestras determinadas de forma continua, en un período de 8 (ocho) horas, no deberá exceder diez mil microgramos por metro cúbico ($10\,000 \mu\text{g}/\text{m}^3$) más de una vez en un año. La concentración máxima en una hora de monóxido de carbono no deberá exceder cuarenta mil microgramos por metro cúbico ($40\,000 \mu\text{g}/\text{m}^3$) más de una vez en un año.

2.2.12.3. Planes de alerta, alarma y emergencia de la calidad del aire.

Se definen los siguientes niveles de alerta, de alarma y de emergencia en lo referente a la calidad del aire. Cada uno de los tres niveles será declarado por la Entidad Ambiental de Control cuando uno o más de los contaminantes comunes indicados exceda la concentración establecida en la siguiente tabla, o cuando las condiciones atmosféricas se espera que sean desfavorables en las próximas 24 horas.

Tabla N° 2: Concentraciones de contaminantes comunes que definen los niveles de alerta, de alarma y de emergencia en la calidad del aire ⁵

CONTAMINANTE Y PERÍODO DE TIEMPO	ALERTA	ALARMA	EMERGENCIA
Monóxido de Carbono			
Concentración promedio en ocho horas	15 000	30 000	40 000
Oxidantes Fotoquímicos, expresados como ozono.			
Concentración promedio en una hora	300	600	800
Óxidos de Nitrógeno, como NO ₂			
Concentración promedio en una hora	1 200	2 300	3 000
Dióxido de Azufre			
Concentración promedio en veinticuatro horas	800	1 600	2 100
Material Particulado PM ₁₀			
Concentración en veinticuatro horas	250	400	500

Fuente: “TULAS”

2.3. Fundamentación legal.

⁵ Todos los valores de concentración expresados en microgramos por metro cúbico de aire, a condiciones de 25 °C y 760 mm Hg.

El presente proyecto, está destinado a realizar todo lo pertinente al diseño y la construcción de un horno incinerador para aves por lo que vamos a tomar en cuenta ciertos parámetros o normas que mencionaremos a continuación:

- Se diseña el horno incinerador y la chimenea considerando las emisiones al aire para fuentes fijas de combustión bajo los parámetros establecidos por la Normativa de calidad del Aire del Estado Ecuatoriano (TULAS).

2.4. Red de categorías fundamentales.

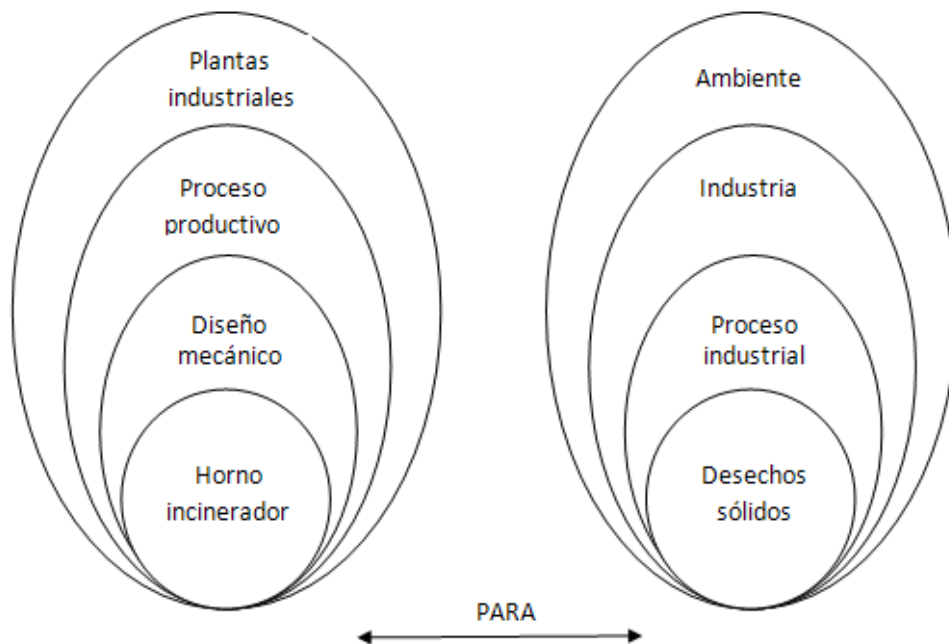


Fig. 2-11: Red de categorías fundamentales.

Fuente: “Paúl Núñez”

2.5. Hipótesis.

“La implementación de un horno incinerador para tratar los desperdicios y restos contaminantes sólidos servirá para disminuir el impacto ambiental generado por la empresa avícola Comalgar.”

2.5.1. Unidades de observación.

2.5.2. Variables.

2.5.2.1 Variable independiente.

Horno incinerador para tratar desperdicios y restos contaminantes sólidos.

2.5.2.2 Variable dependiente.

Impacto ambiental generado por la empresa avícola Comalgar.

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA.

El presente trabajo investigativo está orientado a la incineración de aves muertas implementando el uso de un horno incinerador para reducir los desechos generados por la empresa avícola “Comalgar”, se efectuará un análisis cualitativo ya que se necesita contextualizar el proyecto y cuantitativo debido a que se realizará un análisis causa efecto, en base a los datos obtenidos.

3.1. Modalidad básica de investigación.

3.1.1 De campo.

En el presente trabajo se utilizará esta modalidad debido a que prácticamente en su totalidad es una investigación de campo, se requiere recolectar datos en el mismo lugar donde se va a elaborar la investigación, se necesita estudiar diversos aspectos para la obtención de los datos.

3.1.2 Experimental.

Se utilizará debido a que la investigación necesariamente requiere la manipulación de las variables tanto las dependientes como las independientes con lo que podremos determinar los parámetros del diseño del horno incinerador y de esta manera podemos demostrar la hipótesis.

3.1.3 Bibliográfica.

Es de gran importancia la utilización de esta ya que manejaremos fuentes bibliográficas para la investigación mediante la utilización de textos libros, normas, páginas web y electrónicas para orientarnos y de esta manera dar una mejor manipulación y tratamiento a las variables a ser investigadas.

3.2. Nivel o tipo de investigación.

3.2.1 Exploratorio.

Se realiza cuando el problema es poco conocido por el investigador, este tipo de investigación ayuda al planteamiento del problema.

3.2.2 Descriptivo.

Se describirá paso a paso todo lo real en el proyecto mencionando problemas y soluciones, describiendo el problema en una circunstancia espacial determinada. Esta investigación será la más adecuada al problema planteado por su origen y desarrollo.

3.2.3 Explicativo.

Explica los fenómenos y el estudio de sus relaciones para conocer su estructura y los aspectos que interviene en su dinámica.

3.3. Población y muestra.

3.3.1. Población o universo.

La población o universo en la presente investigación estará conformada por la capacidad de la granja avícola 3200 aves y el peso promedio de desechos de 14.85 lbs. por día.

3.3.2. Muestra.

La muestra corresponde a las diversas pruebas realizadas en el horno incinerador.

3.4. Operacionalización de variables.

3.4.1. Variable Dependiente: Impacto ambiental generado por la empresa avícola Comalgar.

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Items	Técnicas e instrumentos
Se entiende por impacto ambiental al efecto que produce una determinada acción humana sobre el medio ambiente en sus distintos aspectos.	<ul style="list-style-type: none"> - Material particulado menor a diez micrones. - Monóxido de carbono - Reducción de peso y volumen 	<ul style="list-style-type: none"> Para 8 horas Para 24 horas Para 1 hora Para 8 horas Alto Bajo 	<ul style="list-style-type: none"> Menor a $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ No exceder $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Menor a $40000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ No exceder $10000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Al 10% del total Mayor a 10% 	<ul style="list-style-type: none"> - Instrumentos de medición. -Observación. -Bibliografía. -Tablas para toma de datos. - Instrumentos de medición. -Observación. -Bibliografía. -Tablas para toma de datos. - Observación directa. - Bibliografía.

3.4.2. Variable Independiente: horno incinerador para tratar desperdicios y restos contaminantes sólidos.

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Items	Técnicas e instrumentos
<p>El principio de incineración se basa en la descomposición pirolítica, quemando la materia orgánica.</p> <p>Los incineradores son una forma rápida y eficaz de destruir cuerpos de animales enteros en condiciones de máxima higiene.</p>	<p>-Temperatura</p> <p>- Tiempo</p>	<p>Óptima</p> <p>Regular</p> <p>Mala</p> <p>Máximo</p> <p>Mínimo</p>	<p>500 – 800 °C</p> <p>250 – 500 °C</p> <p>Menor a 250 °C</p> <p>120 min.</p> <p>60 min.</p>	<p>- Instrumentos de laboratorio</p> <p>- Bibliografía.</p> <p>- Observación directa.</p> <p>-Tablas para toma de datos.</p> <p>- Bibliografía.</p> <p>- Observación directa.</p>

3.5. Plan de recolección de información.

El presente trabajo recolectará la información con una observación directa y estructurada con el fin de determinar la utilidad del horno incinerador dentro de la granja avícola.

3.5.1. Instrumentos de medición.

3.5.1.1 Anemómetro.

El anemómetro es un aparato [meteorológico](#) que se usa para medir la [velocidad](#) del [viento](#).



Figura 3-1: Anemómetro.

Fuente: “Paúl Núñez”

3.5.1.2 Regulador de presión de gas.

Aparato diseñado para mantener una presión constante a la salida del mismo.



Figura 3-2: Regulador de presión de gas

Fuente: “Paúl Núñez”

3.5.1.3 Termocupla.

La termocupla es el sensor de temperatura más común utilizado industrialmente, se hace con dos alambres de distinto material unidos en un extremo. Al aplicar temperatura en la unión de los metales se genera un voltaje muy pequeño el cual aumenta con la temperatura.



Figura 3-3: Termocupla

Fuente: “Paúl Núñez”

3.5.1.4 Cronómetro.

La aplicación del cronómetro es la de un reloj que mide un tiempo determinado o fracciones temporales, normalmente breves y precisas.



Figura 3-4: Cronómetro

Fuente: “Paúl Núñez”

3.5.1.5 Controlador de temperatura.

Instrumento que conectado a la termocupla indica la temperatura en el interior del horno.



Figura 3-5: Controlador de temperatura

Fuente: “Paúl Núñez”

3.5.1.6 Balanza.

Utensilio de laboratorio utilizado para medir la masa de los cuerpos, para nuestro caso determinar el consumo de combustible y el peso de los residuos.



Figura 3-6: Balanza

Fuente: “Paúl Núñez”

3.5.1.7 Caudalímetro.

Instrumento utilizado para determinar el caudal que circula por la chimenea, también es llamado flujómetro.



Figura 3-7: Caudalímetro

Fuente: “Paúl Núñez”

3.5.1.8 Medidor de monóxido de carbono.

Instrumento que detecta la concentración media de monóxido de carbono en la zona de respiración del trabajador de forma ponderada con respecto al tiempo, para la jornada laboral real y referida a una jornada estándar de ocho horas diarias.



Figura 3-8: Medidor de monóxido de carbono

Fuente: “Paúl Núñez”

3.5.1.9 Medidor de material particulado.

Determina la concentración media de material particulado de forma ponderada con respecto al tiempo, para una jornada laboral real.



Figura 3-9: Medidor PM10

Fuente: “Paúl Núñez”

3.5.2 Determinación Temperatura vs. Tiempo (sin carga).

a) Instrumentos para la práctica:

- Manómetro.
- Cronómetro.
- Regulador de presión.
- Termocupla

b) Toma de datos:

Una vez encendido y puesto en funcionamiento el horno incinerador se procedió a tomar los datos de Temperatura vs. Tiempo con la ayuda de la termocupla y de un cronómetro en un lapso de 2 horas y 20 minutos aproximadamente.

3.5.3 Determinación Temperatura vs. Tiempo (con carga).

a) Instrumentos para la práctica:

- Manómetro.

- Cronómetro.
- Regulador de presión.
- Termocupla

b) Toma de datos:

Para la verificación del funcionamiento del crematorio y con la ayuda de una termocupla y de un cronómetro se procedió a tomar los datos de Temperatura vs. Tiempo.

3.5.4 Determinación Temperatura vs. Tiempo (precalentamiento a 250°C).

a) Instrumentos para la práctica:

- Manómetro.
- Cronómetro.
- Regulador de presión.
- Termocupla

b) Toma de datos:

Con la finalidad de observar si el tiempo de incineración se reduce precalentando el horno se procedió a tomar los datos de Temperatura vs. Tiempo con ayuda de una termocupla y de un cronómetro.

3.6 Plan de procesamiento de la información.

Después de realizar las prácticas de incineración con los tiempos determinados procedemos a recolectar la información necesaria, en este caso la temperatura, el consumo de combustible, la reducción de peso en la carga y el estudio de impacto ambiental.

Con los datos recogidos realizamos la tabulación para una mejor interpretación, luego realizamos las gráficas con las referencias obtenidas anteriormente, con el fin de darnos cuenta como aumenta la temperatura en el interior del horno.

Mediante gráficas y un análisis matemático de los datos obtenemos información acertada para verificar el óptimo desempeño del incinerador para aves.

CAPÍTULO IV

4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.

4.1 Análisis de los resultados.

En este capítulo tenemos como objetivo principal describir el funcionamiento del horno incinerador, mediante pruebas realizadas en el laboratorio y en las inmediaciones de la granja avícola.

4.1.1 Cantidad de aves a incinerar.

La cantidad de aves a incinerar parte de la toma de datos para ver el índice de mortalidad que se presenta dentro de la Granja Avícola COMALGAR.

Como la capacidad de producción de la granja avícola es de 3200 aves y el total de aves muertas durante las 7 semanas es de 151, el índice de mortalidad es del 4.71 %, y el peso promedio de desechos es de 14.85 lb por día.

4.1.2 Interpretación de datos.

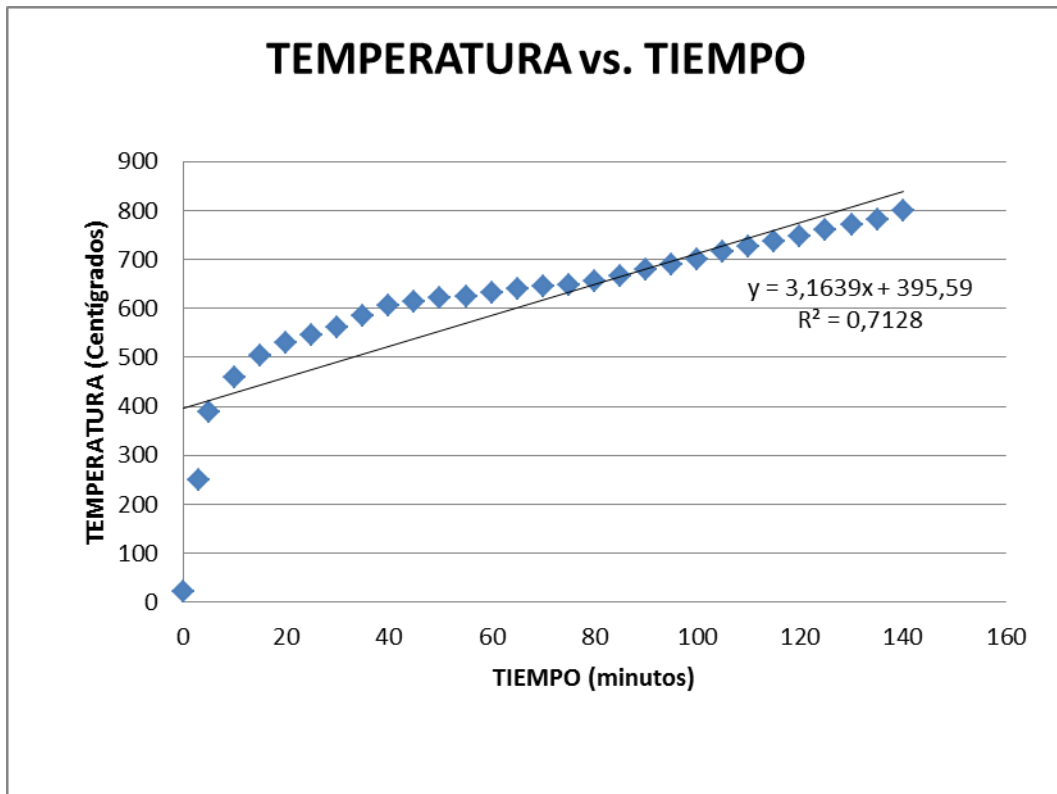
Prueba N°1.

En la tabla siguiente se recopilan los datos de temperatura y tiempo sin la introducción de carga en el horno incinerador, con la finalidad de establecer el tiempo que se demora en llegar a los 800 °C temperatura máxima de funcionamiento.

Tabla N° 3: Datos prueba N°1

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO	
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA	
DATOS INICIALES AVÍCOLA COMALGAR	
TIPO DE HORNO INCINERADOR DE AVES	
TIPO DE COMBUSTIBLE GLP	
CARGA 0	
Tiempo (min)	Temperatura(°C)
0	22
3	250
5	389
10	460
15	504
20	530
25	546
30	561
35	584
40	605
45	614
50	621
55	625
60	631
65	640
70	644
75	647
80	655
85	666
90	678
95	689
100	700
105	715
110	726
115	737
120	748
125	760
130	771
135	782
140	800

Elaborado por: "Paúl Núñez"



Gráfica 4-1: Curva de dispersión Temperatura vs. Tiempo (sin carga)

Fuente: “Paúl Núñez”

La gráfica indica el funcionamiento del horno incinerador sin carga alguna, durante un tiempo de 20 minutos la temperatura se incrementa de una forma acelerada obteniendo 530°C, luego para alcanzar la temperatura deseada (800°C) se necesita un tiempo de 140 minutos.

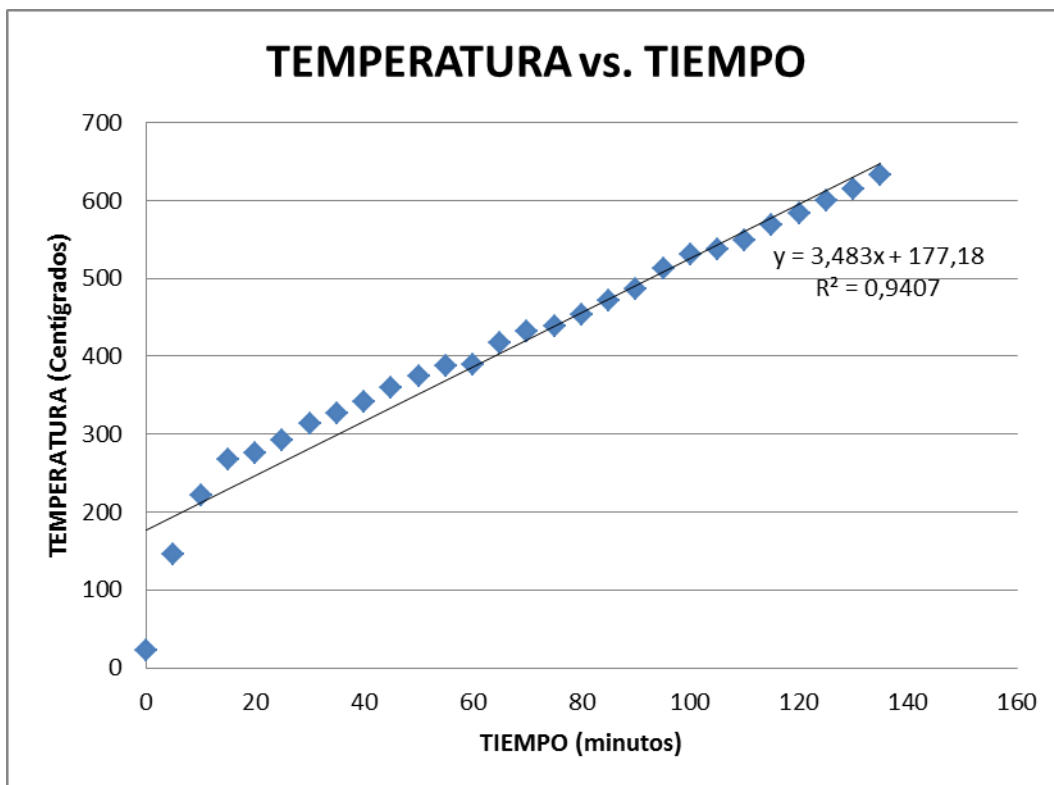
Prueba N°2.

Para este caso metemos la carga de 20 lb en el horno incinerador, con el propósito de establecer el tiempo que se demora en incinerarse los restos y la temperatura a la que termina el proceso.

Tabla N° 4: Datos prueba N°2

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO	
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA	
DATOS INICIALES	AVICOLA COMALGAR
TIPO DE HORNO	INCINERADOR DE AVES
TIPO DE COMBUSTIBLE	GLP
CARGA	20 LB
Tiempo (min)	Temperatura(°C)
0	22
5	146
10	222
15	267
20	276
25	292
30	314
35	326
40	341
45	359
50	374
55	388
60	390
65	418
70	432
75	439
80	454
85	472
90	486
95	512
100	530
105	537
110	549
115	569
120	583
125	600
130	614
135	632

Elaborado por: “Paúl Núñez”



Gráfica 4-2: Curva de dispersión Temperatura vs. Tiempo (con carga)

Fuente: “Paúl Núñez”

Para esta prueba se ha introducido la carga de 20 lb, la gráfica indica que para un periodo de tiempo de 20 minutos la temperatura es de 276°C. Al compararla con la prueba N°1 se puede notar que existe un decremento en la temperatura durante el mismo tiempo, esto se debe a que el calor es entregado a la carga.

Una vez transcurridos 135 minutos y alcanzada la temperatura de 632°C los restos están completamente calcinados y quebradizos.

Prueba N°3.

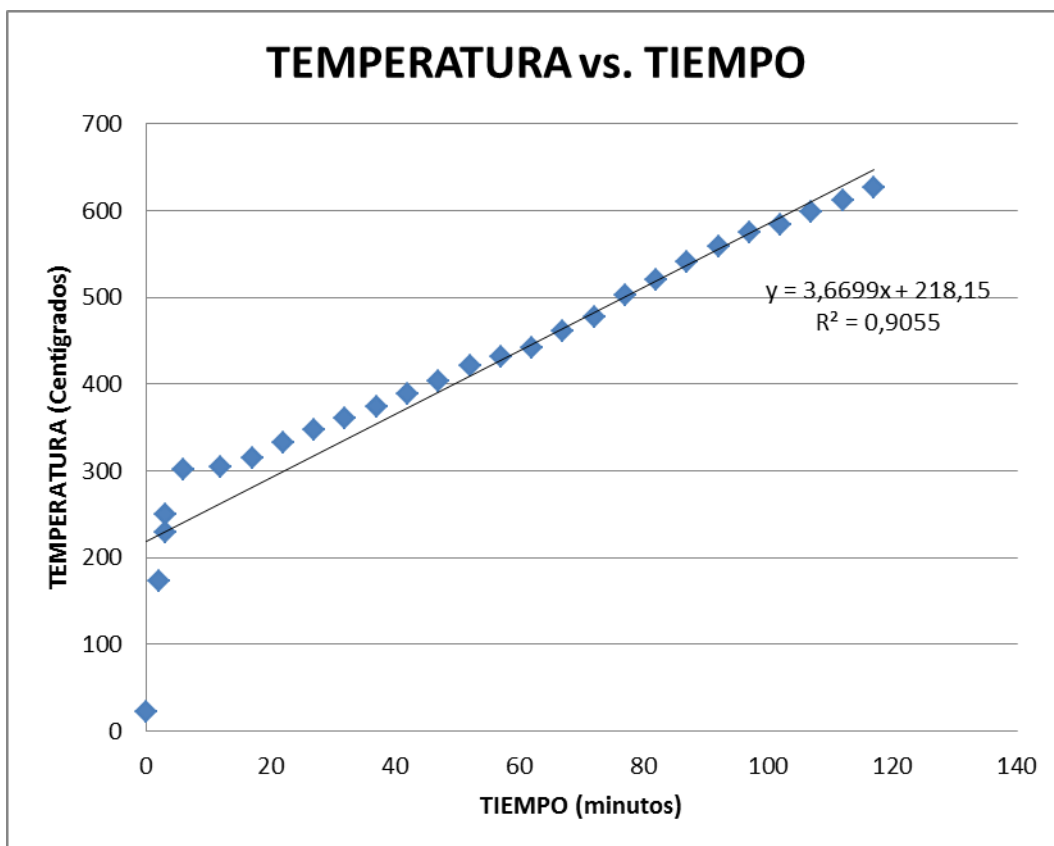
Una vez precalentado el horno a 250 °C introducimos la carga de 20 lb en el horno incinerador, con el propósito de establecer el tiempo que se demora en incinerar los restos y la temperatura a la que termina el proceso.

Tabla N° 5: Datos prueba N°3

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO	
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA	
TIPO DE HORNO	INCINERADOR DE AVES
TIPO DE COMBUSTIBLE	GLP
CARGA	20 LB
HORNO PRECALENTADO	250 °C
Tiempo (min)	Temperatura (°C)
0	22
2	173
3	250
3.5	229
6	301
12	304
17	314
22	333
27	347
32	361
37	374
42	388
47	403
52	421
57	432
62	442
67	461
72	477
77	502
82	520
87	541
92	559
97	575
102	584

107	598
112	612
117	626

Elaborado por: "Paúl Núñez"



Gráfica 4-3: Curva de dispersión Temperatura vs. Tiempo (precalentamiento)

Fuente: "Paúl Núñez"

El estudio del estado transitorio del horno con un previo calentamiento a 250°C, arroja como resultado que durante los primeros 3 minutos se alcanza la temperatura provista para el precalentamiento, una vez introducida la carga se puede apreciar un decremento de 21°C en la temperatura del incinerador.

Para terminar el proceso de incineración se necesita de 117 minutos y una temperatura de 626°C, Si realizamos una comparación de estos datos con los de la prueba N°2 podemos apreciar que existe una disminución en el tiempo de incineración.

4.1.3 Concentración de contaminantes en el aire.

Para la tabulación de la concentración de contaminantes en los gases de combustión recurrimos al uso de medidores de CO y de material particulado menor a 10 micrones.

4.1.3.1 Concentración de monóxido de carbono.

Para determinar la concentración media real de monóxido de carbono se realizó la toma de datos por un lapso de 41 minutos en períodos de 1 minuto. Las certificaciones de los equipos están en los anexos. **(Ver anexo A.9)**



Figura 4-1: Medición monóxido de carbono.

Fuente: “Paúl Núñez”

Tabla N° 6: Concentración de monóxido de carbono

Event Name: [Event #47]28-04-2011 13:18-->28-04-2011 14:00 Event ID: 47					
Product Name: QRAE II		Model Name: PGM-2400		Serial Number: 155-109824	
Data Points: 42		Sample Period: 60 s			

Sensor Information : CO (ppm) H2S (ppm) SPE (%) LEL (%)					
Low Alarm Levels : 35 10.0 19.5 10					
Line #	Date/Time	CO(ppm)	H2S(ppm)	SPE(%)	LEL(%)
1	28-04-2011 13:19	0	0.0	20.9	0
2	28-04-2011 13:20	0	0.0	20.9	0
3	28-04-2011 13:21	0	0.0	21.4	0
4	28-04-2011 13:22	0	0.0	21.3	0
5	28-04-2011 13:23	0	0.0	21.3	0
6	28-04-2011 13:24	2	0.0	21.4	0
7	28-04-2011 13:25	16	0.0	21.3	0
8	28-04-2011 13:26	0	0.0	21.3	0
9	28-04-2011 13:27	90	0.0	21.2	0
10	28-04-2011 13:28	63	0.0	21.3	0
11	28-04-2011 13:29	5	0.0	21.3	0
12	28-04-2011 13:30	2	0.0	21.2	0
13	28-04-2011 13:31	2	0.0	21.0	0
14	28-04-2011 13:32	0	0.0	20.9	0
15	28-04-2011 13:33	15	0.0	20.9	0
16	28-04-2011 13:34	0	0.0	20.9	0
17	28-04-2011 13:35	6	0.0	20.9	0
18	28-04-2011 13:36	23	0.0	20.9	0
19	28-04-2011 13:37	91	0.0	20.8	0
20	28-04-2011 13:38	65	0.0	20.9	0
21	28-04-2011 13:39	125	0.0	20.9	0
22	28-04-2011 13:40	91	0.0	20.9	0
23	28-04-2011 13:41	48	0.0	20.9	0
24	28-04-2011 13:42	12	0.0	20.9	0
25	28-04-2011 13:43	8	0.0	21.2	0
26	28-04-2011 13:44	5	0.0	21.4	0
27	28-04-2011 13:45	55	0.0	21.4	0
28	28-04-2011 13:46	52	0.0	21.1	0
29	28-04-2011 13:47	10	0.0	21.4	0
30	28-04-2011 13:48	6	0.0	21.3	0
31	28-04-2011 13:49	0	0.0	21.4	0
32	28-04-2011 13:50	0	0.0	21.4	0
33	28-04-2011 13:51	0	0.0	21.5	0
34	28-04-2011 13:52	0	0.0	21.4	0
35	28-04-2011 13:53	18	0.0	21.1	0
36	28-04-2011 13:54	2	0.0	21.2	0
37	28-04-2011 13:55	11	0.0	21.2	0
38	28-04-2011 13:56	1	0.0	21.3	0
39	28-04-2011 13:57	0	0.0	21.4	0
40	28-04-2011 13:58	0	0.0	21.5	0
41	28-04-2011 13:59	0	0.0	21.5	0
42	28-04-2011 14:00	0	0.0	21.4	0

Elaborado por: “Paúl Núñez”

4.1.3.2 Concentración de material particulado.

Para determinar la concentración media real de material particulado se realizó la toma de datos por un lapso de 1 hora y 40 minutos. Las certificaciones de los equipos se encuentran en los anexos. (Ver anexo A.9)



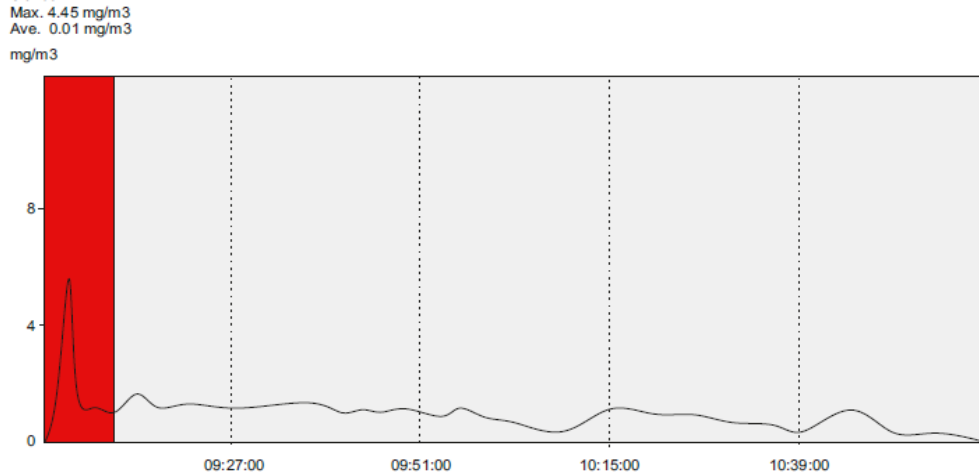
Figura 4-2: Medición material particulado

Fuente: “Paúl Núñez”

Tabla N° 7: Concentración de material particulado

REPORTE:	
TIPO:	MP 10 micrones
LUGAR :	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
PROYECTO:	HORNO INCINERADOR
INICIO:	09:01 am.
FINAL:	10:41 am.
CONCENTRACIÓN	
Máximo	4.45 mg/m ³
Mínimo	0.01 mg/m ³
Promedio	0.01 mg/m ³

Elaborado por: “Paúl Núñez”



Gráfica 4-4: Curva de concentración PM10

Fuente: “Paúl Núñez”

La figura indica que durante 8 minutos aproximadamente tenemos un valor elevado en la muestra de material particulado (4.45 mg/m^3) pero, a medida que transcurre el tiempo se puede apreciar que este valor disminuye y se estabiliza la cantidad del mismo hasta llegar a su valor mínimo 0.01 mg/m^3 .

4.1.4 Peso y volumen de residuos.

Una vez realizadas las pruebas para la incineración de los residuos de la granja avícola procedemos a pesarlos para cuantificar su reducción.

Para el caso del peso se redujo al 5% del total de la carga y al 10 % de su volumen inicial.



Figura 4-3: Restos incinerados

Fuente: “Paúl Núñez”

4.2 Verificación de hipótesis.

La hipótesis trazada: “La implementación de un horno incinerador para tratar los desperdicios y restos contaminantes sólidos servirá para disminuir el impacto ambiental generado por la empresa avícola Comalgar.” cumple satisfactoriamente ya los restos de las aves muertas no serán más desechadas en lugares inapropiados, mediante la incineración existe una reducción en el peso y volumen de los desechos, así como un cumplimiento en la emisiones y en los valores máximos permisibles de contaminantes para fuentes fijas de combustión.

Tabla N° 8: Resultados de la investigación

REDUCCIÓN DE PESO Y VOLUMEN		
Peso inicial	peso final	porcentaje
20 lb	1 lb	5% del total
Volumen inicial	volumen final	porcentaje
0.02 m ³	0.002m ³	10% del total
CONCENTRACIÓN DE CONTAMINANTES		
Contaminante	concentración media	Límite máximo
CO	3802 µg/m ³	10 000 µg/m ³
PM10	17.9 µg/m ³	150 µg/m ³

Elaborado por: “Paúl Núñez”

La tabla indica que existe una reducción en el peso al 5% del total de la carga y al 10% del volumen total, cumpliendo satisfactoriamente con el propósito de la implementación de un horno incinerador en las inmediaciones de la granja avícola COMALGAR.

También se puede apreciar que la concentración media real del CO es de 3802 µg/m³ siendo menor que la propuesta por la norma 10 000 µg/m³, para el material particulado PM10 el valor determinado es 17.9 µg/m³ menor al límite expuesto en las TULAS 150 µg/m³. Debido que ninguna de las concentraciones de los contaminantes al ser comparados con la normativa medio ambiental ecuatoriana (TULAS) excede el valor de emergencia a la cual puede exponerse un trabajador

normal repetidamente sin que sufra efectos adversos a su salud durante una jornada de trabajo de 8h/día, estamos garantizando una buena calidad del aire ambiente.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

5.1. Conclusiones.

- Las cenizas obtenidas en el proceso son totalmente inertes, para ser manipuladas sin riesgo.
- Se reduce el volumen de los residuos una vez incinerados, aproximadamente a un 10% del volumen inicial.
- Se reduce el peso de los residuos, aproximadamente a un 5% del total.
- Con un precalentamiento del horno a 250 °C se reduce el tiempo de incineración en 18 minutos aproximadamente.

5.2. Recomendaciones.

- Utilizar materia prima nacional para reducir el costo de fabricación del horno incinerador.
- Para obtener una buena calidad del cemento refractario tener una adecuada preparación de la pasta para excelente compactación, usando 130 cm³ de agua por cada Kg de mezcla (cemento y piedra pómez).
- Para una mejor combustión mantener una presión de trabajo del combustible a 3 PSI, ya que si se excede la presión de trabajo la combustión tiene un exceso de combustible y si es menor el tiempo de incineración aumenta.
- Tratar de evitar la formación de escarcha en la superficie externa de los cilindros de gas, utilizando una presión de trabajo de 0.2 bares.
- Se recomienda hacer estudios de propiedades físicas y térmicas de las aves postmortem.

CAPÍTULO VI
6. PROPUESTA.

6.1 Datos informativos.

La propuesta es el diseño y construcción de un horno incinerador para aves, que sea desmontable y de fácil mantenimiento, con el fin de tratar los restos sólidos (aves muertas) que en la granja avícola son desechados.

En la siguiente tabla se presentan algunos datos generales de la propuesta:

Tabla N° 9: Datos generales de la propuesta

Ejecutor	Luis Paúl Núñez Naranjo
Descripción	Horno incinerador para aves
Construcción	Mecánica Industrial Mayorga MIM
Ensayos	- Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica. - Predios de la granja avícola Comalgar.
Beneficiario	Empresa avícola Comalgar.
Tiempo de ejecución	Octubre 2010- Mayo 2011
Costo	

Elaborado por: “Paúl Núñez”

6.2 Antecedentes de la propuesta.

6.2.1 Parámetros de diseño.

a) Cantidad a incinerar.

La cantidad a incinerar es uno de los factores más importantes a tomar en cuenta en la investigación en este caso 20 lb, que es la cantidad en peso de aves que mueren diariamente en las inmediaciones de la granja.

b) Temperatura y cantidad de calor.

La cantidad de calor depende de la cantidad de aves a ser incinerados (20 lb), de la capacidad calorífica del combustible para alcanzar la temperatura deseada.

Para nuestro caso la temperatura máxima de operación del horno incinerador es de 800°C debido a que los restos deben ser inertes, de fácil manejo y almacenamiento.

6.3 Justificación.

Brindar la posibilidad de ayudar a la granja avícola con el manejo de sus desechos construyendo un horno incinerador, respetando la normativa ambiental, con lo cual conseguiremos disminuir el impacto ambiental que en esta empresa es generado por su producción.

6.4 Objetivos.

- Diseñar un prototipo de horno incinerador para aves con el fin de mejorar el manejo y desecho de los mismos.
- Seleccionar los materiales adecuados y existentes para la construcción del horno.
- Construir un horno incinerador desmontable y de fácil mantenimiento.
- Confirmar el correcto funcionamiento del horno.
- Verificar el cumplimiento de las normas ambientales.

6.5 Análisis de factibilidad.

En nuestra investigación está involucrada la inversión económica para realizar la construcción del horno por lo que se debe justificar la misma con estimaciones de tiempo de recuperación del capital invertido y otros factores que permitan aportar con el desarrollo de la construcción.

6.5.1 Análisis técnico.

La construcción del presente proyecto de investigación se realizó con maquinaria y herramientas que existen en la mecánica industrial Mayorga MIM ubicada en la ciudad de Ambato, parroquia de Izamba.

6.5.2 Análisis económico.

A continuación se describen todos los costos que se efectuaron para la ejecución de este proyecto:

Tabla N° 10: Costo de recursos humanos

Denominación	Costo (dólares)
Mano de obra para la construcción del horno	900
Mano de obra para automatización	150
Total	1050

Elaborado por: “Paúl Núñez”

Tabla N° 11: Costo de recursos materiales

Denominación	Costo (dólares)
Materiales y suministros de oficina	100
Materiales para pruebas de laboratorio	240
Materiales para construcción del	2021.6

incinerador	
Varios	200
Total	2561.6

Elaborado Por: “Paúl Núñez”

Tabla N° 12: Costo de materiales para la construcción del equipo

Denominación	cantidad	Precio unitario (dólares)	Precio total (dólares)
Plancha de acero	1	300	300
Tol galvanizado	2	120	240
Quemador	1	15	15
Tablero y accesorios de control	1	400	400
Lana de vidrio	10 Kg	10	100
Termocupla	1	250	250
Controlador de temperatura	1	300	300
Cemento			

refractario	4	65	260
Electrodos	2 Kg	18.30	36.6
Accesorios para instalación de gas		40	40
Otros		80	80
Total			2021.6

Elaborado por: “Paúl Núñez”

Tabla N° 13: Costo de recursos totales

Denominación	Costo (dólares)
Recursos Humanos	1050
Recursos Materiales	2561.6
Subtotal	3611.6
Imprevistos (10%)	361.16
Total	3972.76

Elaborado por: “Paúl Núñez”

6.6 Fundamentación.

6.6.1 Selección del refractario.

Para el dimensionamiento del incinerador un parámetro muy importante a considerar es el material refractario ya que nos brinda la posibilidad de perder la menor cantidad de energía.

Se deben utilizar materiales refractarios que resistan altas temperaturas y resistencia a la abrasión por las cenizas.

Para nuestro caso el cemento refractario que se ha considerado es el Concrax 1500, La temperatura de trabajo no debe exceder los 1540 °C, su presentación está dada por sacos de 25 Kg, la empresa que lo fabrica es ERECOS.

A continuación se realiza un detalle de las características técnicas y propiedades termo físicas del material refractario (**Ver anexo A.4**):

Tabla N° 14: Características técnicas del cemento refractario.

Al ₂ O ₃	49.5%
SiO ₂	39%
Fe ₂ O ₃	1.3%
TiO ₂	2%
CaO	7.5%
MgO	0.3%
Temperatura equivalente	1717°C
Máxima temperatura de servicio	1540°C
Densidad volumétrica	2.00-2.10 °C-g/cm ³

Fuente: Catálogos ERECOS.

Como la máxima temperatura que debe soportar el horno incinerador es de 800°C y la temperatura máxima de servicio del cemento refractario es de 1540°C, el refractario seleccionado es el adecuado.

6.6.2 Selección de la Termocupla.

Las termocuplas son el sensor de temperatura más utilizado industrialmente, normalmente las termocuplas se consiguen encapsuladas dentro de un tubo de acero inoxidable u otro material y está protegido adentro por una caja redonda de aluminio denominada cabezal.

Existen una infinidad de termocuplas que se las detalla a continuación:

(Ver anexo A.5)

Tabla N° 15: Características técnicas de la Termocupla.

Sensor Tipo	Temperatura mínima (°C)	Temperatura máxima (°C)
J	-180	750
K	-270	1370
T	-250	400
R	0	1767
S	0	1767
B	0	1820

Fuente: Catálogos WATLOW.

Para nuestra investigación el sensor de temperatura apropiado es el de **tipo K** cuya temperatura máxima de trabajo es 1370 °C, se selecciona esta termocupla debido a que la temperatura de funcionamiento del horno incinerador es de 800°C.

6.6.3 Diseño térmico.

Para realizar el diseño térmico del horno incinerador se recopilan datos ya obtenidos, los cuales se detallan a continuación:

6.6.3.1 Determinación del coeficiente de convección.

a) Cálculo del coeficiente de convección interno (h_i).

El coeficiente de convección interno se halla deduciendo el número de Reynolds Re_D :

($T_m = 898 \text{ °K}$): $u = 397.56 \cdot 10^{-7} \text{ N} \cdot \text{s}/\text{m}^2$; $v = 102.54 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$; $Pr = 0.719$;
 $k = 61.9 \cdot 10^{-3} \text{ W}/\text{m} \cdot \text{k}$ (Ver Anexo A. 1)

$$Re_D = \frac{VD}{\nu}$$

Donde;

V: Velocidad media del fluido (1.425 m/s).

D: Diámetro de la cámara de incineración (0.33m).

ν : Viscosidad cinemática ($102.54 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$).

$$Re_D = \frac{1.425 \cdot 0.33}{102.54 \cdot 10^{-6}}$$

$$Re_D = 4586.01$$

De acuerdo con el número de Reynolds tenemos un régimen turbulento, por tal motivo el número de Nusselt Nu_D es:

$$Nu_D = 0.023 Re_D^{4/5} \cdot Pr^{0.3}$$

Donde;

Pr = Número de Prandtl (0.719).

$$Nu_D = 0.023 \cdot (4586.01)^{4/5} \cdot (0.719)^{0.3}$$

$$Nu_D = 17.69$$

Ahora considerando que las condiciones de flujo son completamente desarrolladas obtenemos el coeficiente de convección interno a partir de:

$$h_i = \frac{Nu_D \cdot k}{D}$$

Donde;

k = Conductividad térmica del aire ($61.9 \cdot 10^{-3} \text{ W/m} \cdot \text{k}$).

D : Diámetro de la cámara de incineración (0.33m).

$$h_i = \frac{17.69 \cdot 61.9 \cdot 10^{-3}}{0.33}$$

$$h_i = 3.3 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$$

b) Cálculo del coeficiente de convección externo (h_o).

El número de Rayleigt Ra_D es:

($T_f = 303 \text{ °K}$): $\alpha = 22.97 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$; $\nu = 16.21 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$; $Pr = 0.706$;

$k = 26.53 \cdot 10^{-3} \text{ W/m} \cdot \text{k}$; $\beta = \frac{1}{T_f} = 3.3 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$ (Ver anexo A. 1)

$$Ra_D = \frac{g\beta (T_s - T_\infty) D^3}{\nu \alpha}$$

Donde;

T_s = Temperatura superficial del horno (70°C).

T_∞ = Temperatura ambiente (15°C).

D : Diámetro total del incinerador (0.6m).

β : Coeficiente volumétrico de expansión térmica ($3.3 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$).

g = Gravedad (9.8 m/s^2).

ν : Viscosidad cinemática ($16.21 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$).

$$Ra_D = \frac{(9.8 \cdot 3.3 \cdot 10^{-3})(70 - 15)(0.6)^3}{16.21 \cdot 10^{-6} \cdot 22.97 \cdot 10^{-6}}$$

$$Ra_D = 1031.8 \cdot 10^6$$

Con los datos obtenidos establecemos el número de Nusselt $\overline{Nu_D}$:

$$\overline{Nu_D} = \left\{ 0.6 + \frac{0.387 Ra_D^{1/6}}{\left[1 + \left(0.559 / Pr \right)^{9/16} \right]^{8/27}} \right\}^2$$

Donde;

Ra_D = Número de Rayleigt ($1031.8 \cdot 10^6$).

Pr = Número de Prandlt (0.706).

$$\overline{Nu_D} = \left\{ 0.6 + \frac{0.387 * (1031.8 \cdot 10^6)^{1/6}}{\left[1 + \left(0.559 / 0.706 \right)^{9/16} \right]^{8/27}} \right\}^2$$

$$\overline{Nu_D} = 116.78$$

Finalmente;

$$h_o = \frac{k}{D} \overline{Nu_D}$$

Donde;

k = Conductividad térmica del aire ($26.53 \cdot 10^{-3} \text{ W/m} \cdot \text{k}$).

D : Diámetro total del incinerador (0.6m).

$$h_o = \frac{26.53 * 10^{-3}}{0.6} (116.78)$$

$$h_o = 5.16 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

6.6.3.2 Pérdidas de calor en la cámara de incineración.

Como la cámara de incineración es cilíndrica para determinar las pérdidas de calor se usa el modelo de cilindro hueco con lo que necesitamos los radios de cada uno de los cilindros, sus longitudes y las conductividades térmicas de cada material.

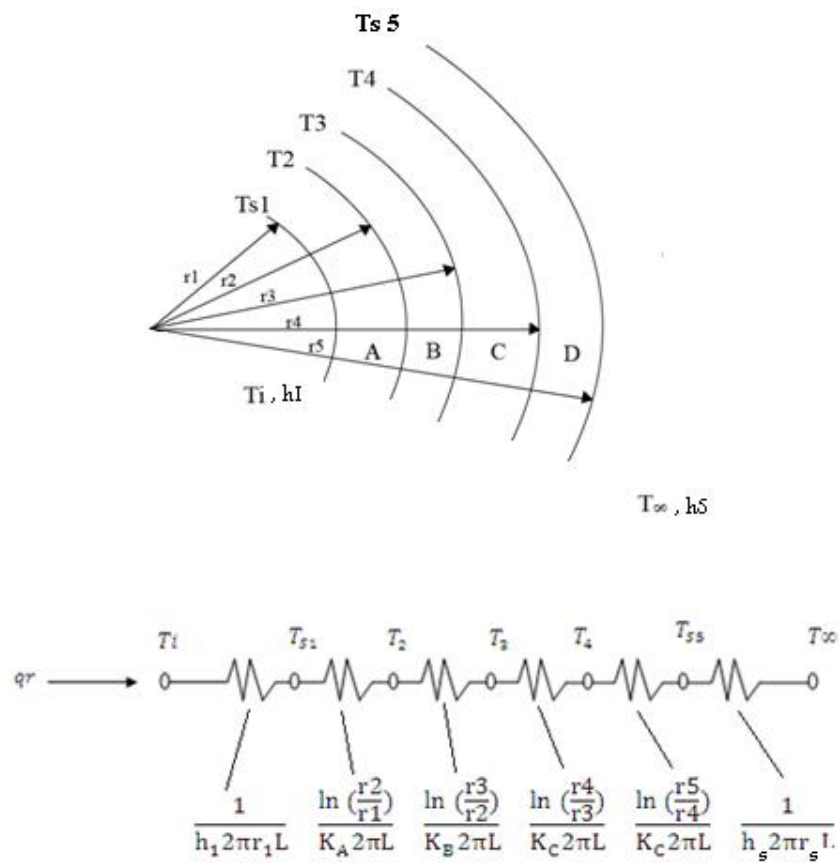


Fig. 6-1: Distribución de temperaturas en las paredes del incinerador

Fuente: “Paúl Núñez”

Donde;

T_i = Temperatura interna del horno (800 °C).

T_∞ = Temperatura ambiente (15 °C).

L = Longitud total de la cámara de incineración (1.2 m).

k = Conductividades térmicas de los diferentes componentes del horno.

$$k_A = 0.55 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{K} \text{ (Cemento refractario).}$$

$$k_B = 63.9 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{K} \text{ (Acero A36) (Ver anexo A.2).}$$

$$k_C = 0.046 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{K} \text{ (Lana de vidrio).}$$

$$k_D = 63.9 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{K} \text{ (Tol negro).}$$

r = Radios de los componentes del incinerador.

$$r_1 = 0.165 \text{ m (Cemento refractario).}$$

$$r_2 = 0.225 \text{ m (Acero A36).}$$

$$r_3 = 0.231 \text{ m (Lana de vidrio).}$$

$$r_4 = 0.294 \text{ m (Tol negro).}$$

$$r_5 = 0.295 \text{ m (Tol negro).}$$

$$h_1 = \text{Coeficiente de convección interno (3.3 W/m}^2 \cdot \text{K).}$$

$$h_5 = \text{Coeficiente de convección externo (5.16 W/m}^2 \cdot \text{K).}$$

$$q_r = \frac{T_i - T_\infty}{\frac{1}{h_1 2\pi r_1 L} + \frac{\ln(\frac{r_2}{r_1})}{K_A 2\pi L} + \frac{\ln(\frac{r_3}{r_2})}{K_B 2\pi L} + \frac{\ln(\frac{r_4}{r_3})}{K_C 2\pi L} + \frac{\ln(\frac{r_5}{r_4})}{K_C 2\pi L} + \frac{1}{h_5 2\pi r_5 L}}$$

$$q_r = \frac{800 - 15}{1.2 \left(\frac{1}{3.42} + \frac{\ln(\frac{0.225}{0.175})}{3.45} + \frac{\ln(\frac{0.231}{0.225})}{401.49} + \frac{\ln(\frac{0.294}{0.231})}{0.28} + \frac{\ln(\frac{0.295}{0.294})}{401.49} + \frac{1}{9.56} \right)}$$

$$q_r = 715.48 \text{ W} = 0.715 \text{ Kw}$$

Resistencias térmicas (R) :

a) Aire cámara de incineración (R1):

$$R_1 = \frac{1}{h_1 2\pi r_1 L}$$

$$R_1 = \frac{1}{3.42 * 1.2}$$

$$R_1 = 0,24 \text{ K/W}$$

b) Cemento refractario (R2):

$$R_2 = \frac{\ln(r_2/r_1)}{2\pi k_A L}$$

$$R_2 = \frac{\ln\left(\frac{0.225}{0.165}\right)}{3.45 * 1.2}$$

$$R_2 = 0,075 \text{ K/W}$$

c) Acero A36 (R3):

$$R_3 = \frac{\ln(r_3/r_2)}{2\pi k_B L}$$

$$R_3 = \frac{\ln\left(\frac{0.231}{0.225}\right)}{401.49 * 1.2}$$

$$R_3 = 5.46 \cdot 10^{-5} \text{ K/W}$$

d) Lana de vidrio (R4):

$$R_4 = \frac{\ln(r_4/r_3)}{2\pi k_C L}$$

$$R_4 = \frac{\ln\left(\frac{0.294}{0.231}\right)}{0.28 * 1.2}$$

$$R_4 = 0,72 \text{ K/W}$$

d) Tol negro (R5):

$$R_5 = \frac{\ln(r_5/r_4)}{2\pi k_c L}$$

$$R_5 = \frac{\ln\left(\frac{0.295}{0.294}\right)}{401.49 * 1.2}$$

$$R_5 = 7,047 \cdot 10^{-6} \text{ K/W}$$

e) Para el aire (R6):

$$R_6 = \frac{1}{h_5 2\pi r_5 L}$$

$$R_6 = \frac{1}{9.56 * 1.2}$$

$$R_6 = 0,087 \text{ K/W}$$

Tabla N° 16: Resistencias internas del horno

RESISTENCIAS	$\frac{\text{K}}{\text{W}}$
Rconv ₁	0,24
R2	0,075
R3	5,46 E-05
R4	0,72
R5	7,047 E-06

R_{conv_2}	0,087
--------------	-------

Elaborado por: "Paúl Núñez"

6.6.3.3 Cálculo de la distribución de temperaturas en las paredes del horno

Con el calor obtenido en los cálculos preliminares determinamos las temperaturas de las capas del horno mediante:

$$q_r = \frac{T_i - T_{s1}}{\frac{1}{h_1 2\pi r_1 L}} = \frac{T_{s1} - T_2}{\frac{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}{K_A 2\pi L}} = \frac{T_2 - T_3}{\frac{\ln\left(\frac{r_3}{r_2}\right)}{K_B 2\pi L}} = \frac{T_3 - T_4}{\frac{\ln\left(\frac{r_4}{r_3}\right)}{K_C 2\pi L}} = \frac{T_4 - T_{s5}}{\frac{\ln\left(\frac{r_5}{r_4}\right)}{K_D 2\pi L}} = \frac{T_{s5} - T_\infty}{\frac{1}{h_5 2\pi r_5 L}}$$

a) Para el cemento refractario (T_{s1}).

$$T_{s1} = T_i - \left(q_r * \frac{1}{h_1 2\pi r_1 L} \right)$$

$$T_{s1} = 800 - (715.48 * 0.24)$$

$$T_{s1} = 628.28^\circ\text{C}$$

b) Para el acero ASTM A36 (T_2 y T_3).

$$T_2 = T_1 - \left(q_r * \frac{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}{K_A 2\pi L} \right)$$

$$T_2 = 628.28 - (715.48 * 0.075)$$

$$T_2 = 574.62^\circ\text{C}$$

$$T_3 = T_2 - \left(q_r * \frac{\ln\left(\frac{r_3}{r_2}\right)}{K_A 2\pi L} \right)$$

$$T_3 = 574.62 - (715.48 * 5,46 \text{ E} - 05)$$

$$T_3 = 574.58^\circ\text{C}$$

c) Para la lana de vidrio (T_4).

$$T_4 = T_3 - \left(q_r * \frac{\ln\left(\frac{r_4}{r_3}\right)}{K_c 2\pi L} \right)$$

$$T_4 = 574.58 - (715.48 * 0.72)$$

$$T_4 = 59.43 \text{ } ^\circ\text{C}$$

c) Para el tol negro (T_{s5}).

$$T_{s5} = T_4 - \left(q_r * \frac{\ln\left(\frac{r_5}{r_4}\right)}{K_D 2\pi L} \right)$$

$$T_{s5} = 59.43 - (715.48 * 7,047 \text{ E} - 06)$$

$$T_{s5} = 59.42 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Tabla N° 17: Temperaturas de las paredes del horno

TEMPERATURAS	°C
Ts1	628,28
T2	574.62
T3	574.58
T4	59.43
Ts5	59.42

Elaborado por: “Paúl Núñez”

6.6.3.4 Pérdidas de calor en las tapas del incinerador.

Para determinar las pérdidas de calor tanto en la tapa superior como inferior estas son consideradas como pared plana, necesitamos conocer los espesores de los diferentes materiales que las conforman, así como las conductividades térmicas de los mismos.

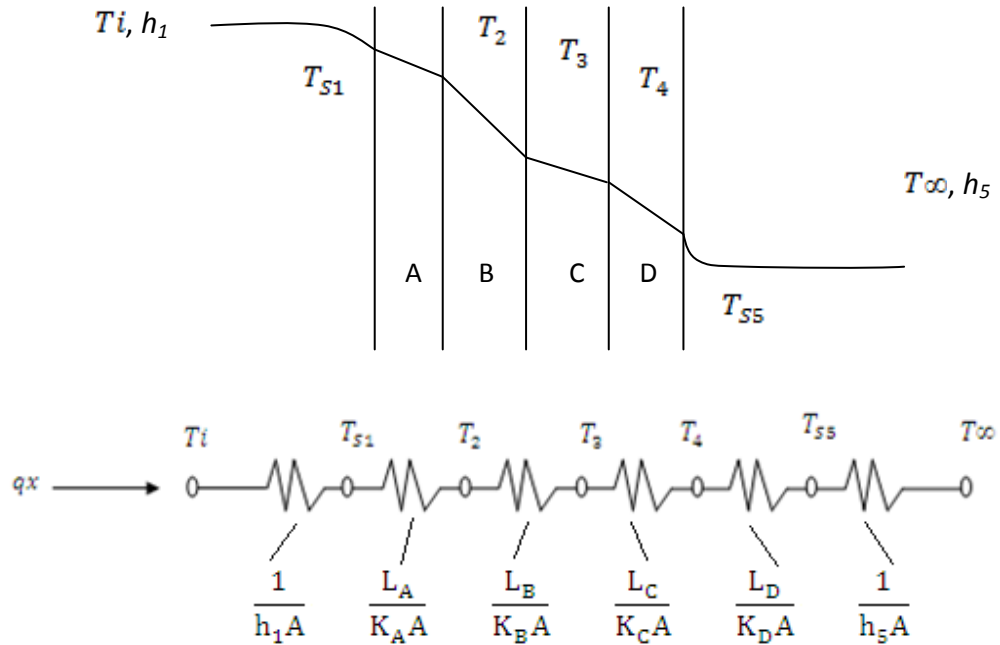


Fig. 6-2: Circuito térmico en las tapas del incinerador

Fuente: “Paúl Núñez”

Donde:

T_i = Temperatura interna del horno (800 °C).

T_∞ = Temperatura ambiente (15 °C).

k = Conductividades térmicas de los diferentes componentes del horno.

k_A = 0.55 W/m *°K (Cemento refractario).

k_B = 63.9 W/m *°K (Acero A36) **(Ver anexo A.2).**

k_C = 0.046 W/m *°K (Lana de vidrio).

$$k_D = 63.9 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{K} \text{ (Tol negro).}$$

$$h_1 = \text{Coeficiente de convección interno (3.3 W/m}^2 \text{ K).}$$

$$h_5 = \text{Coeficiente de convección externo (5.16 W/m}^2 \text{ K).}$$

L = Espesores de pared de los componentes del horno.

$$L_A = 0.05 \text{ m (Cemento refractario).}$$

$$L_B = 0.00635 \text{ m (Acero A36).}$$

$$L_C = 0.0635 \text{ m (Lana de vidrio).}$$

$$L_D = 0.001 \text{ m (Tol negro).}$$

Tapa Superior (q_{x1}):

A= Área de la tapa superior, 0.147 m²

$$q_{x1} = \frac{T_i - T_\infty}{\frac{1}{h_1 A} + \frac{L_A}{K_A A} + \frac{L_B}{K_B A} + \frac{L_C}{K_C A} + \frac{L_D}{K_D A} + \frac{1}{h_5 A}}$$

$$q_{x1} = \frac{800 - 15}{\frac{1}{0.147} \left(\frac{1}{3.3} + \frac{0.05}{0.55} + \frac{0.00635}{63.9} + \frac{0.0635}{0.046} + \frac{0.001}{63.9} + \frac{1}{5.16} \right)}$$

$$q_{x1} = 59 \text{ W} = 0.059 \text{ Kw}$$

Tapa Inferior (q_{x2}):

A= Área de la tapa inferior, 0.159 m²

$$q_{x2} = \frac{T_i - T_\infty}{\frac{1}{h_1 A} + \frac{L_A}{K_A A} + \frac{L_B}{K_B A} + \frac{L_C}{K_C A} + \frac{L_D}{K_D A} + \frac{1}{h_5 A}}$$

$$q_{x2} = \frac{800 - 15}{0.159 \left(\frac{1}{3.3} + \frac{0.05}{0.55} + \frac{0.00635}{63.9} + \frac{0.0635}{0.046} + \frac{0.001}{63.9} + \frac{1}{5.16} \right)}$$

$$q_{x2} = 63.82 \text{ W} = 0.064 \text{ Kw}$$

6.6.3.5 Pérdidas de calor en las puertas.

La puerta del cenicero y de la cámara de incineración para el cálculo de las pérdidas de calor son tomadas como pared plana.

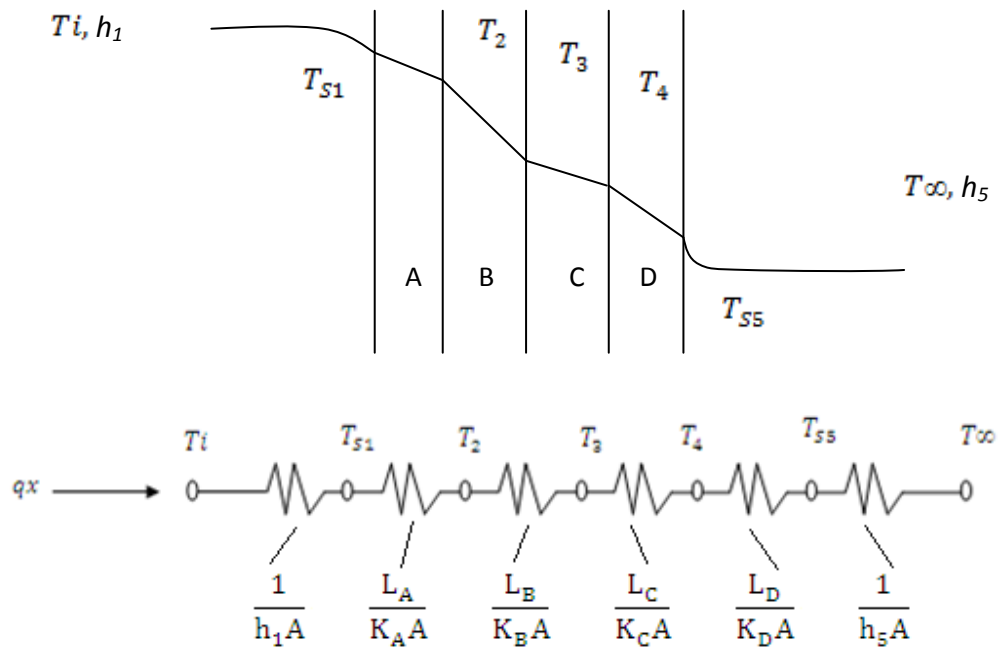


Fig. 6-3: Distribución de temperaturas en las puertas

Fuente: “Paúl Núñez”

Donde:

T_i = Temperatura interna del horno (800 °C).

T_{∞} = Temperatura ambiente (15 °C).

k = Conductividades térmicas de los diferentes componentes del horno.

$k_A = 0.55 \text{ W/m} \cdot \text{°K}$ (Cemento refractario).

$k = 63.9 \text{ W/m} \cdot \text{°K}$ (Acero A36) (**Ver anexo A.2**).

$$k_C = 0.046 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{K} \text{ (Lana de vidrio).}$$

$$k_D = 63.9 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{K} \text{ (Tol negro).}$$

$$h_1 = \text{Coeficiente de convección interno (3.3 W/m}^2 \text{ K).}$$

$$h_5 = \text{Coeficiente de convección externo (5.16 W/m}^2 \text{ K).}$$

L = Espesores de pared de los componentes del horno.

$$L_A = 0.05 \text{ m (Cemento refractario).}$$

$$L_B = 0.00635 \text{ m (Acero A36).}$$

$$L_C = 0.0635 \text{ m (Lana de vidrio).}$$

$$L_D = 0.001 \text{ m (Tol negro).}$$

a) Puerta del cenicero (q_{x3}).

A= Área de la puerta del cenicero, 0.05 m²

$$q_{x3} = \frac{T_i - T_\infty}{\frac{1}{h_1 A} + \frac{L_A}{k_A A} + \frac{L_B}{k_B A} + \frac{L_C}{k_C A} + \frac{L_D}{k_D A} + \frac{1}{h_5 A}}$$

$$q_{x3} = \frac{800 - 15}{0.05 \left(\frac{1}{3.3} + \frac{0.05}{0.55} + \frac{0.00635}{63.9} + \frac{0.0635}{0.046} + \frac{0.001}{63.9} + \frac{1}{5.16} \right)}$$

$$q_{x3} = 20.07 \text{ W} = 0.02 \text{ Kw}$$

b) Puerta de la cámara de incineración (q_{x4}).

A= Área de la puerta de la cámara de incineración, 0.12 m²

$$q_{x4} = \frac{T_i - T_{\infty}}{\frac{1}{h_1 A} + \frac{L_A}{K_A A} + \frac{L_B}{K_B A} + \frac{L_C}{K_C A} + \frac{L_D}{K_D A} + \frac{1}{h_5 A}}$$

$$q_{x1} = \frac{800 - 15}{0.12 \left(\frac{1}{3.3} + \frac{0.05}{0.55} + \frac{0.00635}{63.9} + \frac{0.0635}{0.046} + \frac{0.001}{63.9} + \frac{1}{5.16} \right)}$$

$$q_{x4} = 48.17 \text{ W} = 0.048 \text{ Kw}$$

6.6.4 Diseño de la chimenea.

La altura de la chimenea depende normalmente de requisitos de condición atmosférica.

Condiciones:

- Diámetro de la chimenea en la entrada.
- Velocidad de salida de los gases.
- Temperatura de entrada en la chimenea.
- Temperatura ambiente.

Donde;

V_s = Velocidad de salida los gases (2.85 m/s).

$\rho_{450 \text{ } ^\circ\text{C}}$ = Densidad del gas @ 450°C (0.4819 Kg/m³). (Ver anexo A.1)

D = Diámetro de la chimenea (0.12 m).

\dot{m} = Flujo másico.

$$\dot{m} = \rho * V_s * \pi * \frac{D^2}{4}$$

$$\dot{m} = 0.4819 * 2.85 * 3.1416 * \frac{0.12^2}{4}$$

$$\dot{m} = 0.0155 \text{ Kg/s}$$

a) Pérdidas de calor en la chimenea ($Q_{chimenea}$).

Una vez obtenido el flujo másico y conociendo el área de la chimenea determinamos las pérdidas de calor:

$$Q_{chimenea} = \dot{m} * h_{aire}$$

$$h_{aire} = 738.07 \text{ KJ/Kg @ } 450^{\circ}\text{C}$$

$$Q_{chimenea} = 0.0155 * 738.07$$

$$Q_{chimenea} = 11.4 \text{ Kw}$$

b) Altura de la chimenea.

El valor de H se hallará tomando en cuenta la velocidad de salida de los gases de combustión.

$$V = \sqrt{4.43 * K * H * \frac{(T_i - T_a)}{T_a}}$$

Donde:

$T_a = 15^{\circ}\text{C}$ (Temperatura ambiente).

$T_i = 450^{\circ}\text{C}$ (Temperatura de salida de los gases).

$K = 0.3$ (Constante).

$H =$ Altura de la chimenea.

$V =$ Velocidad de salida de los gases (2.85 m/s).

Despejamos H , entonces tenemos que:

$$H = \frac{V^2}{4.43 * K * \frac{(T_i - T_a)}{T_a}}$$

$$H = \frac{2.85^2}{4.43 * 0.3 * \frac{(450 - 15)}{15}}$$

$$H = 0.39 \text{ m}$$

c) Análisis del tiro o draft.

El tiro de la chimenea es la diferencia de presión entre la presión atmosférica y la presión de la chimenea a la misma altura.

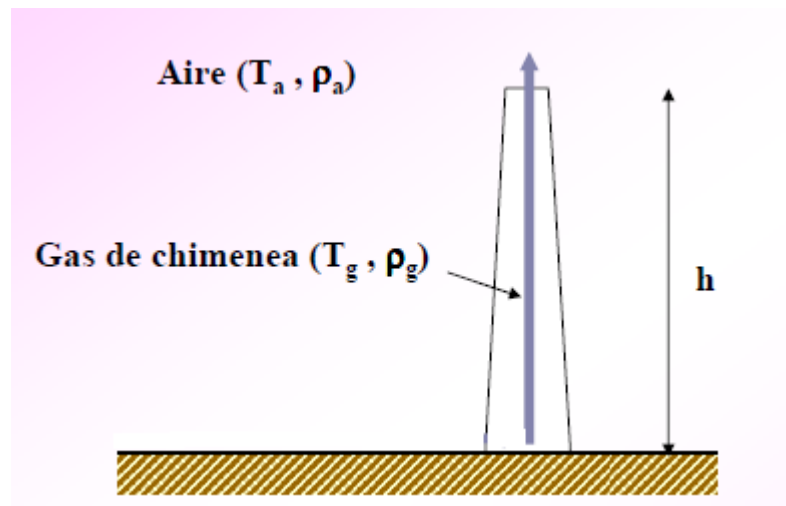


Fig. 6-4: Análisis del tiro

Fuente: "Paúl Núñez"

La diferencia de presión por elevación vale:

$$\Delta P = \rho_a * g * H * (1 - T_a / T_g)$$

Donde;

ρ_a = densidad del aire @ 15°C (1.213 Kg/m³)

g : Gravedad (9.8 m/s²).

H : Altura real de la chimenea (0.39 m).

T_a : Temperatura ambiente @ 15°C

T_g : Temperatura de salida de los gases @ 450°C

Reemplazando;

$$\Delta P = 1.213 * 9.8 * 0.39 * (1 - 15/450)$$

$$\Delta P = 4.48 \text{ Pa}$$

d) Pérdidas por fricción en la chimenea (Σf).

1) Las pérdidas a lo largo de la chimenea son:

$$\Sigma f = 2\rho_g * f * V^2 \left(\frac{L}{D}\right)$$

Donde;

L : Longitud real de la chimenea (0.39m).

ρ_g = Densidad del gas @ 450°C (0.4819 Kg/m³).

V_s : velocidad de los gases a la entrada de la chimenea (2.85 m/s).

D : diámetro de la chimenea (0.12m).

f : factor de fricción (0.035).

Usando el diagrama de Moody encontramos $f = 0.037$ (ver Anexo A.3)

Sustituyendo;

$$\Sigma f = (2 * 0.4819) * 0.037 * 2.85^2 (0.39/0.12)$$

$$\Sigma f = 0.94 \text{ Pa}$$

2) La energía cinética E_c es:

$$E_c = \frac{1}{2} \rho_g V_s^2$$

Donde:

V_s : velocidad de salida de los gases (2.85m/s).

ρ_g : Densidad del gas @ 450°C (0.4819 Kg/m³).

$$E_c = \frac{1}{2} 0.4819(2.85)^2$$

$$E_c = 1.96 \text{ Pa}$$

Para que el tiro sea natural, es decir que los gases puedan salir sin dificultad a la atmósfera se debe cumplir la siguiente expresión:

$$\Delta P \geq \sum f + E_c$$

$$4.48 \geq 0.94 + 1.96$$

$$4.36 > 2.9$$

Como se puede apreciar las pérdidas por fricción son menores, por lo tanto los gases de la chimenea no tienen dificultad para salir a la atmósfera.

6.6.5 Calor total perdido en el incinerador (Q_T).

Una vez halladas las pérdidas de calor en todos los componentes del horno procedemos a sumarlas para obtener el calor total perdido o energía que sale del sistema.

$$Q_T = q_{x1} + q_{x2} + q_{x3} + q_{x4} + q_r + Q_{chimenea}$$

$$Q_T = 0.059 + 0.063 + 0.02 + 0.048 + 0.715 + 11.4$$

$$Q_T = E_s = 12.3 \text{ Kw}$$

6.6.6 Cálculo del calor necesario para la incineración ($\frac{\Delta E_{alm}}{\Delta t}$).

El cálculo del calor necesario para la incineración de las aves se efectúa con la ecuación de almacenamiento de energía:

$$\frac{\Delta E_{alm}}{\Delta t} = \frac{(m_{air} * cp_{air} + m_{pollo} * cp_{pollo})\Delta T}{t}$$

cp_{air} : Calor específico del aire, 1,005 K J/kg*°K.

cp_{pollo} : Calor específico del pollo, 3,57 KJ/kg*°C.

m_{pollo} : Masa del pollo a incinerar, 20 lb.

t : Tiempo de incineración, 2 h

ΔT : Diferencial de temperaturas.

Primeramente se halla la cantidad de aire que se encuentra dentro de la cámara de incineración recurriendo a la ecuación de estado de los gases.

$$Pv = mRT$$

Donde;

P : Presión atmosférica, 1 atm. (101.32 Kpa)

v : Volumen de la cámara de incineración, 0.129 m³

m : Masa de aire.

R : Constante de los gases, 0.287 KJ/Kg*°K.

T : Temperatura, 295 °K.

$$m = \frac{P * v}{R * T}$$

$$m = \frac{101.32 * 0.129}{0.2870 * 295}$$

$$m = 0.154 \text{ Kg}$$

Reemplazando;

$$\frac{\Delta E_{alm}}{\Delta t} = \frac{(0.154 * 1.005 + 9.09 * 3.560)(800 - 22)}{2}$$

$$\frac{\Delta E_{alm}}{\Delta t} = 12989.96 \text{ KJ/h} = 3.61 \text{ Kw}$$

6.6.7 Consumo calorífico del Horno (E_e).

El consumo calorífico del incinerador de aves o energía que ingresa al sistema se calcula con la ecuación de balance de energía.

Como un factor de seguridad aumentamos un 20% por pérdidas no cuantificadas.

$$E_e = \frac{\Delta E_{alm}}{\Delta t} + E_s + 20\%$$

$$E_e = 3.61 + 12.3 + 3.18$$

$$E_e = 19.09 \text{ Kw} = 1.38 \text{ Kg/h}$$

Se requerirá una potencia mínima de entrada de 19 Kw.

6.6.8 Cálculo de calor emitido por el inyector.

Para realizar el cálculo de combustión del quemador se debe tomar los datos del poder calorífico del gas. Referencia "Manual del Gasista" de Lorenzo Becco.

$$S = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$S = \frac{\pi 0.001^2}{4} = 7.85 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2$$

Donde;

S = Sección de paso de GLP por el inyector.

D = Diámetro del inyector (0.001 m).

Para caudal másico de combustible en rangos de presiones medias mayores de 1 PSI, para nuestro caso 3 PSI:

$$C_m = C_2 * S \left(\frac{H_o}{H_i} \right)^{\frac{1}{r}} \sqrt{\frac{2r}{r-1} * H_o * m_1 \left[1 - \left(\frac{H_o}{H_i} \right)^{\frac{r-1}{r}} \right]} * 9.81$$

Donde:

C_m = Caudal másico de GLP.

$C_2 = 0.8$ (Coeficiente de contracción del inyector).

$S = 7.85 * 10^{-7} m^2$ (Sección de paso de GLP por el inyector).

$m_1 = 2,15 \frac{Kg}{m^3}$. Densidad de GLP, asumiendo un 60% de Propano y un 40% de Butano.

$H_o = 10335.12$ mmH₂O (Presión atmosférica).

$H_i = 12444,33$ mmH₂O (Presión absoluta de GLP a la entrada del inyector).

$H_i = \text{Presión manométrica} + \text{presión atmosférica}$

$H_i = 2109.21 + 10335.12 = 12444.33$ mmH₂O

$r = 1.2$ (Relación de los calores específicos a presión y volumen constante).

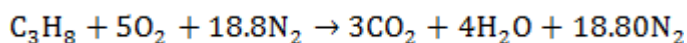
$$C_m = 0.8 * 7.85 * 10^{-7} (0.83)^{\frac{1}{1.2}} \sqrt{12 * 10335.12 * 2.15 [1 - (0.83)^{0.16}]} * 9.81$$

$$C_m = 0.00045 \frac{Kg}{s} * 3600$$

$$C_m = 1.62 \frac{Kg}{h}$$

6.6.9 Análisis estequiométrico del combustible.

Para la realización del análisis estequiométrico del combustible partimos describiendo la ecuación química para la combustión del propano con aire seco:



Luego procedemos a calcular el número total (n_T) de moles de productos de la combustión:

$$n_T = n_{CO_2} + n_{H_2O} + n_{N_2}$$

$$n_T = 3 + 4 + 18.8 = 25.8 \text{ moles}$$

La fracción molar (δ) de los productos de combustión es:

$$\delta_{n_{T_{CO_2}}} = \frac{n_{CO_2}}{n_T}$$

$$\delta_{CO_2} = 3/25.8 = 0.116$$

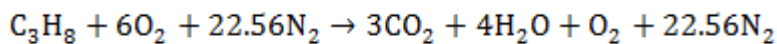
$$\delta_{H_2O} = \frac{n_{H_2O}}{n_T}$$

$$\delta_{H_2O} = 4/25.8 = 0.155$$

$$\delta_{N_2} = \frac{n_{N_2}}{n_T}$$

$$\delta_{N_2} = 18.8/25.8 = 0.728$$

Con 120% del aire teórico la relación se convierte en:



La masa del aire es igual a la masa del oxígeno más la masa del nitrógeno

$$m_{air} = 6 \text{ mol } O_2 * 32.0 \frac{\text{lbm}}{\text{mol}} + 22.56 \text{ mol } N_2 * 28.0 \frac{\text{lbm}}{\text{mol}} = 823.68 \frac{\text{lbm aire}}{\text{lbm mol comb}}$$

La masa de combustible (m_{comb}) es:

$$m_{comb} = C_3H_8 = 12 * 3 + 8 * 1.007 = 44.056 \text{ lbm comb}$$

La relación aire combustible (Ac) es:

$$Ac = \frac{823.68 \frac{\text{lbm aire}}{\text{lbm mol comb}}}{44.056 \text{ lbm comb}} = 18.7 \frac{\text{kg aire}}{\text{kg comb}}$$

Con los datos obtenidos anteriormente procedemos a calcular el flujo másico del aire que consumirá el quemador.

$$\dot{m} = Ac * \dot{m}_{\text{comb}}$$

$$\dot{m} = 18.7 \frac{\text{kg aire}}{\text{kg comb}} * 1.62 \frac{\text{kg}}{\text{h}} = 30.29 \frac{\text{kg aire}}{\text{h}}$$

6.6.10 Cálculo de la potencia del quemador.

Para deducir la potencia del quemador aplicamos la siguiente ecuación:

$$H_R = H_p + Q$$

$$Q = H_R - H_p$$

$$Q_{\text{sal}} = \sum N_p (\bar{h}^{\circ f} + \bar{h} + \bar{h}^{\circ})_p - \sum N_r (\bar{h}^{\circ f} + \bar{h} + \bar{h}^{\circ})_r$$

Los datos obtenidos en la tabla pueden verse en el libro de Çengel 4ta edición.

Tabla N° 18: Entalpía de los gases

<i>Sustancia</i>	\bar{h}_f° KJ/Kmol	$\bar{h}_{298^{\circ}K}$ KJ/Kmol	$\bar{h}_{600^{\circ}K}$ KJ/Kmol
C ₃ H ₈ (g)	-103850	0	0
O ₂	0	8682	17929
N ₂	0	8669	17563
H ₂ O	-241820	9904	20402
CO ₂	-393520	9364	22280

Elaborado por: "Paúl Núñez"

$$\Sigma_r = (-103850) = -103850 \text{ KJ/Kmol}$$

$$\Sigma_p = 3(-393520 + 22280 - 9364) + 4(-241820 + 20402 - 9904) + (17929 - 8662) + 22.56(17563 - 8669)$$

$$\Sigma_p = -1805659.700 \text{ KJ/Kmol}$$

$$Q_{sal} = (-103850 - (-2045732.36))$$

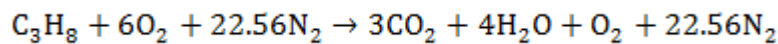
$$Q_{sal} = 1941882.36 \text{ KJ/Kmol}$$

$$Q = 1941882.36 \frac{\text{KJ}}{\text{Kgmol}} * \frac{1 \text{ Kgmol}}{44.056 \text{ KgC}_3\text{H}_8} * \frac{1.62 \text{ KgC}_3\text{H}_8}{\text{h}} * \frac{\text{h}}{3600 \text{ S}}$$

$$Q = 19.84 \text{ KW}$$

6.6.11 Cálculo de temperatura adiabática de llama en combustión estable.

Con la reacción del propano y 120% de aire teórico tenemos:



La relación de la temperatura de flama adiabática para este proceso es:

$$H_{\text{Reactantes}} = H_{\text{Productos}}$$

Donde;

$$\sum N_p (\bar{h}^{\text{of}} + \bar{h} + \bar{h}^{\circ})_p = \sum N_r (\bar{h}^{\text{of}} + \bar{h} + \bar{h}^{\circ})_r$$

Los datos obtenidos en la tabla pueden verse en el libro de Çengel 4ta edición.

Tabla N° 19: Entalpía de los gases llama adiabática

	\bar{h}^{of}	\bar{h}_{298k}

Sustancia	KJ/Kmol	KJ/Kmol
C_3H_8	-103850	
O_2	0	8682
N_2	0	8669
H_2O	-285830	9904
CO_2	-393520	9364

Elaborado por: "Paúl Núñez"

Sustituyendo tenemos:

$$\begin{aligned}
 & (3 \text{ Kmol } CO_2)[(-393520 + \bar{h}_{CO_2} - 9364) \text{ KJ/Kmol } CO_2] \\
 & + (4 \text{ Kmol } H_2O)[(-285830 + \bar{h}_{H_2O} - 9904) \text{ KJ/Kmol } H_2O] \\
 & + (1 \text{ Kmol } O_2)[(0 + \bar{h}_{O_2} - 8682) \text{ KJ/Kmol } O_2] \\
 & + (22.56 \text{ Kmol } N_2)[(0 + \bar{h}_{N_2} - 8669) \text{ KJ/Kmol } N_2] \\
 & = 1 \text{ Kmol } C_3H_8 (-103850 \text{ KJ/Kmol } C_3H_8)
 \end{aligned}$$

Lo que produce:

$$3 \bar{h}_{CO_2} + 4 \bar{h}_{H_2O} + \bar{h}_{O_2} + 22.56 \bar{h}_{N_2} = -2315952.64 \text{ KJ}$$

Ya que $H_{\text{Productos}}$ debe ser igual a -2315952.64 KJ, es necesario asumir una temperatura de flama T_f y comprobar. Si $T_f = 2000 \text{ }^\circ\text{K}$

$$\begin{aligned}
 3 \bar{h}_{CO_2} + 4 \bar{h}_{H_2O} + \bar{h}_{O_2} + \bar{h}_{22.56 N_2} &= 3(100804) + 4(82593) + (67881) \\
 &+ 22.56 (64810) = 2162778.6 \text{ KJ}
 \end{aligned}$$

El valor calculado es más bajo que 2315952.64 KJ. Por lo que la temperatura real está por encima de los 2000°K, por consiguiente elegimos 2200°K

$$3 \bar{h}_{\text{CO}_2} + 4 \bar{h}_{\text{H}_2\text{O}} + \bar{h}_{\text{O}_2} + \bar{h}_{22.56\text{N}_2} = 3(112939) + 4(92940) + (75484) \\ + 22.56 (72040) = 2411283.4 \text{ KJ}$$

Suponiendo una interpolación lineal entre las dos temperaturas, tenemos:

Tabla N° 20: Interpolación lineal temperatura adiabática

T_f asumida	$H_{\text{Productos}}$ KJ
2000°K	2162778.6
T_f	2315952.6
2200°K	2411283.4

Elaborado por: “Paúl Núñez”

Consecutivamente tenemos que $T_f = 2123.28 \text{ °K} = 1850 \text{ °C}$

6.6.12 Dilatación térmica lineal.

De forma general, durante una transferencia de **calor**, la energía que está almacenada cambia. Así, los sólidos normalmente se expanden al calentarse y se contraen al enfriarse.

Para el cuerpo del incinerador usaremos la dilatación térmica lineal:

$$\Delta L = \alpha \cdot L \cdot \Delta T$$

Donde:

$$\alpha = 0.000013 \text{ °C}^{-1} \text{ (Coeficiente de dilatación lineal para el acero)}$$

$L_0 = 0.9 \text{ m}$ (Longitud inicial)

$L_f =$ Longitud final

$T_0 = 22^\circ\text{C}$ (Temperatura inicial)

$T_f = 574.62^\circ\text{C}$ (Temperatura final)

$$L_f = L_o[1 + \alpha(T_f - T_o)]$$

$$L_f = 0.9[1 + 0.000013(574.62 - 22)]$$

$$L_f = 0.906 \text{ m}$$

El resultado nos indica que existe un incremento de 6 mm en longitud del acero. Debido a que toda la estructura y los componentes del incinerador están sometidos al calor, estos pueden ceder.

6.6.13 Calidad De Aire.

Es el valor del límite máximo permisible de concentración que un contaminante debe tener para fuentes fijas de combustión durante un tiempo promedio de muestreo determinado. Es por eso que la presente investigación tiene como objetivo principal el preservar la salud de las personas, la calidad del aire ambiente en general.

Tabla N° 21: Evaluación de la dosis

Dosis < 0.5	Riesgo bajo
Dosis 0.5 - 1	Riesgo medio nivel de acción
Dosis 1 -2	Riesgo alto nivel de control
Dosis > 2	Riesgo crítico nivel de control

Fuente: “ACGIH”

6.6.13.1 Concentración de monóxido de carbono.

Con los datos obtenidos (ver tabla 4.5) determinamos la concentración media real de monóxido de carbono (CO). Fuente ACGIH “American Conference of Governmental and Industrial Hygienists”

$$\bar{C} = \frac{C_1t_1 + C_2t_2 + \dots C_it_i}{t_1 + t_2 + \dots t_i}$$

Donde;

\bar{C} = Concentración media real de CO.

$C_1t_1 \dots C_it_i$ = Concentración del contaminante.

$t_1 \dots t_i$ = Tiempo de exposición.

$$\sum C_it_i = 2 * 1 + 16 * 1 + 90 * 1 + 63 * 1 + 5 * 1 + 2 * 1 + 2 * 1 + 15 * 1 + 6 * 1 + 23 * 1 + 91 * 1 + 65 * 1 + 125 * 1 + 91 * 1 + 48 * 1 + 125 * 1 + 91 * 1 + 48 * 1 + 12 * 1 + 8 * 1 + 5 * 1 + 55 * 1 + 52 * 1 + 10 * 1 + 6 * 1 + 18 * 1 + 2 * 1 + 11 * 1 + 1 * 1$$

$$\sum C_it_i = 1088 \text{ ppm}$$

$$\bar{C} = \frac{1088}{41}$$

$$\bar{C} = 26.54 \text{ ppm}$$

Consecutivamente calculamos la exposición ponderada a 8 horas (C_8):

$$C_8 = \frac{26.54}{8}$$

$$C_8 = 3.32 \text{ ppm}$$

Para determinar la concentración de monóxido de carbono en mg/m^3 realizamos la siguiente operación:

Peso molecular CO: C=12g/mol O= 16 g/mol

$$TLV(mg/m^3) = \frac{TLV (ppm) \times (\text{peso mol sust.})}{24.45}$$

$$TLV(mg/m^3) = \frac{3.32\text{ppm} \times (12\text{g/mol} + 16\text{g/mol})}{24.45}$$

$$TLV = 3.802 \text{ mg/m}^3 = 3802 \text{ }\mu\text{g/m}^3$$

La concentración de monóxido de carbono de las muestras determinadas es de $3802 \text{ }\mu\text{g/m}^3$, la norma de calidad del aire ambiente propone que en un período de 8 horas, no deberá exceder diez mil microgramos por metro cúbico ($10\ 000 \text{ }\mu\text{g/m}^3$) más de una vez en un año. (**Ver anexo A.8**)

Por tal motivo como $3802 \text{ }\mu\text{g/m}^3$ es menor que los $10\ 000 \text{ }\mu\text{g/m}^3$ estamos garantizando que los gases de combustión están bajo la norma medio ambiental.

Dosis:

$$D = \frac{C_8}{TLV}$$

$$D = \frac{3802}{10000}$$

$$D = 0.38$$

El nivel de exposición a la que está sometida la persona que opera el incinerador es de 0.38, por lo que el riesgo es bajo y no es nocivo para la salud del operador.

6.6.13.2 Concentración de material particulado.

Una vez tomadas las muestras de material particulado menor a 10 micrones (PM10) usamos el valor promedio (ver tabla 4.6) para calcular la concentración para un período de 8 horas. Fuente ACGIH “American Conference of Governmental and Industrial Hygienists”

$$C_8 = \frac{\bar{C}}{t}$$

Donde;

\bar{C} = Concentración media del contaminante, 0.01 mg/m^3

t = Tiempo de exposición.

$$C_8 = \frac{0.01}{8}$$

$$C_8 = 1.25 \cdot 10^{-3} \text{ mg/m}^3$$

Como la norma exige que la concentración máxima deba ser para 24 h determinamos la concentración para ese período de tiempo.

$$C_{24} = \frac{24 * 1.25 \cdot 10^{-3}}{1.67}$$

$$C_{24} = 0.0179 \text{ mg/m}^3$$

Como lo indicamos anteriormente la concentración máxima de todas las muestras colectadas en 24 horas, no deberá exceder ciento cincuenta microgramos por

metro cúbico ($150 \mu\text{g}/\text{m}^3$). El valor calculado es $17.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ como es menor que el valor establecido en la norma se garantiza la calidad del aire (**Ver anexo A.8**).

Dosis:

$$D = \frac{C_{24}}{TLV}$$

$$D = \frac{17.9}{150}$$

$$D = 0.12$$

El nivel de exposición es de 0.12, y no es nocivo para la salud del operador.

6.7 Metodología. Modelo operativo.

Los datos básicos para el diseño del horno incinerador para aves construido para la granja avícola Comalgar se describe a continuación:

Tabla N° 22: Características físicas del horno

HORNO INCINERADOR	
Capacidad	20 lb
Tipo de residuo	Aves muertas
Temperatura máxima	800 °C
Tipo de quemador	Atmosférico
Capacidad del quemador	21 Kw
Tipo de combustible	GLP
Temperatura de salida de los gases de combustión	450 °C
Longitud de la cámara de combustión	0,6 m
Longitud del cenicero	0,3 m
Diámetro de la cámara de combustión	0,33 m
Diámetro de la chimenea	0,12 m
Altura de la chimenea	0.39 m
Velocidad de los gases de escape	2.85 m/s
Altura total del incinerador	1,90 m

Elaborado Por: “Paúl Núñez”

6.7.1 Modelamiento y construcción del equipo.

6.7.1.1 Cámara de incineración.

La cámara de incineración está construida de una plancha de acero 1/4 de pulgada de espesor, esta plancha fue enrollada hasta obtener un cilindro de 0.45 m de diámetro, una vez realizada esta operación esta debe ser soldada.

Tabla N° 23: Cámara de incineración (datos técnicos)

DATOS TÉCNICOS	
Diámetro interior	0.45 m
Espesor de pared	1/4 ”
Altura	0.90 m
Material	Acero ASTM A36

Elaborado Por: “Paúl Núñez”



FIGURA 6-5: Cámara de incineración

Fuente: “Paúl Núñez”

6.7.1.2 Cenicero

Así como la cámara de incineración el cenicero esta hecho en una plancha de acero con un espesor de 1/4 de pulgada, 0.45 m de diámetro, posteriormente fue enrolada y soldada.

Tabla N° 24: Cenicero (datos técnicos)

DATOS TÉCNICOS	
Diámetro interior	0.45 m
Espesor de pared	1/4 ”
Altura	0.30 m
Material	Acero ASTM A36

Elaborado Por: “Paúl Núñez”



FIGURA 6-6: Cenicero

Fuente: “Paúl Núñez”

6.7.1.3 Colocación de bridas.

Para que el horno incinerador sea desmontable este se divide en dos secciones la cámara de incineración y el cenicero, por tal motivo se recurre al uso de bridas, las

cuales están soldadas alrededor de los componentes antes mencionados y tienen las siguientes características: construidas en acero de 1/4 de pulgada de espesor y 12 agujeros de 3/8 de diámetro.

Tabla N° 25: Bridas (datos técnicos)

DATOS TÉCNICOS	
Diámetro exterior	0.6 m
Diámetro interior	0.45 m
Ancho	0.08m
Espesor	1/4"
Número de agujeros	12
Diámetro de los orificios	3/8"
Material	Acero ASTM A36

Elaborado Por: “Paúl Núñez”



FIGURA 6-7: Colocación de bridas

Fuente: “Paúl Núñez”

6.7.1.4 Tapa inferior.

La construcción de la tapa inferior está dispuesta de acero ASTM A36 con un diámetro de 0.45 metros. Para la unión con el cenicero tiene 12 agujeros de 3/8 de diámetro.



FIGURA 6-8: Tapa inferior

Fuente: “Paúl Núñez”

6.7.1.5 Tapa Superior.

La tapa superior está hecha en acero cuyas medidas son: diámetro de 0.45 m y 1/4 de pulgada de espesor, esta posee un orificio para la colocación de la chimenea, así como 12 agujeros de 3/8 de diámetro para la sujeción con la cámara de incineración.

Tabla N° 26: Tapa superior (datos técnicos)

DATOS TÉCNICOS	
Diámetro	0.45 m
Espesor	1/4”
Diámetro orificio chimenea	0.12 m
Altura de la chimenea	0.39 m
Material	Acero ASTM A36

Elaborado Por: "Paúl Núñez"



FIGURA 6-9: Tapa Superior

Fuente: "Paúl Núñez"

6.7.1.6 Fundición.

a) Preparación de la mezcla.

La preparación de la mezcla se realiza con una combinación de agua, piedra pómez y cemento refractario el cual debe tener una composición mayor del 70% de Al_2O_3 y Si O_2 al 25 por ciento con una resistencia térmica de 1540 °C. (Ver anexo A.4)

Tabla N° 27: Refractario (datos técnicos)

DATOS TÉCNICOS	
Análisis químico	70% Al_2O_3 25% Si O_2
Conductividad térmica	0.55 W/m *°K
Temperatura de servicio	1540 °C
Espesor de pared	5 cm

Elaborado Por: “Paúl Núñez”



FIGURA 6-10: Mezcla

Fuente: “Paúl Núñez”

b) Colocación del cemento.

Posteriormente se procede a colocar la mezcla en las tapas, puertas, cenicero y finalmente en la cámara de incineración. Cabe recalcar que el espesor de pared del cemento refractario debe ser de 5 cm.



FIGURA 6-11: Colocación del cemento refractario

Fuente: “Paúl Núñez”

6.7.1.7 Colocación del aislante.

Una vez pintada la estructura se debe forrar la misma con una capa de lana de vidrio con un espesor de 2.5 pulgadas, tratando de recubrir todos los espacios que estén descubiertos para que la temperatura de la superficie no exceda los 100 °C.

Tabla N° 28: Aislante (datos técnicos)

DATOS TÉCNICOS	
Diámetro exterior	0.60 m
Diámetro interior	0.47 m
Conductividad térmica	0.046 W/m *°K
Espesor	2.5 pulgadas
Material	Lana de vidrio

Elaborado Por: “Paúl Núñez”



FIGURA 6-12: Colocación fibra de vidrio

Fuente: “Paúl Núñez”

6.7.1.8 Forrado.

Una vez colocado el aislante el horno debe ser forrado con una plancha de tol negro de 1 mm de espesor.



FIGURA 6-13: Forrado

Fuente: “Paúl Núñez”

6.7.1.9 Pintado.

Luego de realizado el forrado con la plancha de tol se debe pintar la estructura del incinerador con pintura resistente al calor, además se efectúa este procedimiento para que el horno no sufra la oxidación de sus paredes.



FIGURA 6-14: Pintado

Fuente: “Paúl Núñez”

6.7.1.10 Quemador.

El quemador adquirido es de tipo atmosférico, el cual funciona con gas. La energía de activación se logra mediante llama piloto, que debe estar permanentemente encendida.

La regulación del gas se obtiene por variación de la presión en el inyector (abriendo y cerrando progresivamente la válvula de gas); esto permite que el quemador pueda ser modulante con relativa facilidad.

Tabla N° 29: Quemador (datos técnicos)

DATOS TÉCNICOS	
Tipo	Atmosférico
Potencia	21 Kw
Tipo de combustible	GLP
Diámetro de inyector	1 mm

Elaborado Por: “Paúl Núñez”



Figura 6-15: Quemador

Fuente: “Paúl Núñez”

6.7.1.11 Termocupla.

Para nuestro estudio el sensor de temperatura es de gran importancia para determinar la temperatura a la que termina el proceso de incineración, el termopar seleccionado es seleccionado es de tipo K.

Tabla N° 30: Termocupla (datos técnicos)

DATOS TÉCNICOS	
Tipo	K
Temperatura de operación	-270 a 1370 °C
Características eléctricas	110 V/60 Hz

Elaborado Por: “Paúl Núñez”



Figura 6-16: Termocupla

Fuente: “Paúl Núñez”

6.7.1.12 Controlador de temperatura.

El controlador de temperatura es muy importante en la determinación de la temperatura máxima de trabajo, consta de un control automático para fijar la temperatura, el cual permite la interrupción del flujo de gas una vez alcanzados los 800°C. (Ver Anexo A.7)

Tabla N° 31: Controlador de temperatura (datos técnicos)

DATOS TÉCNICOS	
Modelo	WATLOW serie C
Dimensiones	78x80x35 mm
Características eléctricas	110 V/60 Hz

Elaborado Por: “Paúl Núñez”



Figura 6-17: Controlador de temperatura

Fuente: “Paúl Núñez”

6.7.1.13 Tablero de control.

En su interior se encuentran, dos contactores con bobina y demás dispositivos que hacen posible la automatización del sistema.



Figura 6-18: Tablero De Control

Fuente: “Paúl Núñez”

6.8 Administración

El presente trabajo investigativo se ha realizado a través de ensayos en el laboratorio y en las inmediaciones de la granja avícola Comalgar, cabe recalcar que la base de la información fue recopilada en libros, internet y otras publicaciones referentes al tema investigado.

El horno incinerador de aves fue construido con los siguientes fines:

a) **Facilitar el manejo de los desechos al convertirlos en cenizas.** El horno incinerador fue diseñado para tratamiento de desperdicios y restos contaminantes de la industria avícola. La incineración ofrece muchas ventajas sobre otros métodos de gestión y tratamiento de los desechos, eliminación instantánea de los desechos, reducción de un 90% del volumen inicial, reducción del 95 % del peso inicial y destrucción de patógenos.

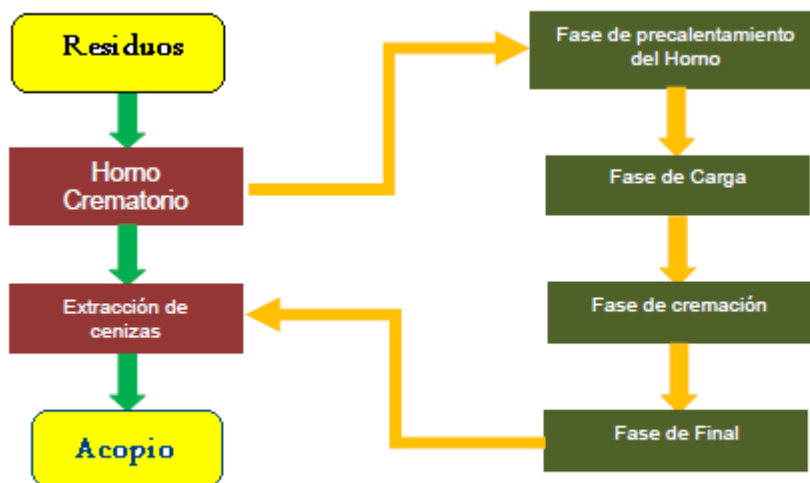


Figura 6-19: Fases de la incineración

Fuente: “Paúl Núñez”

b) **Respetar las normas ambientales:** El tratamiento de los desechos en las granjas avícolas por medio de la incineración, sin olvidar el concepto control contaminación atmosférica, cada vez en nuestro medio toma más auge y es mas exigido por las autoridades sanitarias, a tal punto que se han visto en la obligación de realizar las consultas pertinentes a nivel técnico para confrontar la eficacia y eficiencia de la alternativa que sin lugar a dudas se propone como la solución concreta y a la mano.

6.9 Previsión de la evaluación.

6.9.1 Guía de operación.

Arranque para operación diaria.

Para poner a funcionar el horno incinerador se deben seguir los siguientes pasos:

1. Abrir la válvula del cilindro.
2. Encender la llama piloto.
3. Encender el quemador colocando el interruptor en posición ON, para proporcionarle energía al sistema de control del quemador.
4. Determinar la temperatura en el interior del horno, pulsando el botón Set y girando la perilla del controlador de temperatura
5. Una vez alcanzada la temperatura máxima del incinerador se apagará automáticamente el quemador, con esto se dará fin al proceso.
6. Cerrar las válvulas de gas y desconectar el sistema.
7. Si deseamos que la temperatura del horno no descienda rápidamente mantener cerradas las puertas y la salida de los gases de la chimenea.
8. Dejamos que el horno se enfríe hasta una temperatura de 100 °C para poder abrir el horno.

6.9.2 Programa de mantenimiento

Un buen programa de mantenimiento asegura un funcionamiento óptimo del horno:

6.9.2.1 Mantenimiento preventivo:

- Antes de realizar cada incineración revisar las instalaciones de gas y eléctricas.
- Revisar que los sellos de fibra cerámica se encuentren bien adheridos a las puertas del cenicero y cámara de incineración con la finalidad de evitar pérdidas de calor por las mismas.
- Supervisar que no sufra corrosión la estructura del horno.
- Después de realizada cada incineración limpiar la parilla y el cenicero, retirando restos de ceniza que quedan adheridas a sus paredes.
- Cada semana será necesario engrasar los pernos y tuercas para evitar la corrosión.

6.9.2.2 Mantenimiento correctivo:

- Antes de cada incineración verificar si no existe ningún tipo de fuga de gas en las instalaciones, en el caso de existir este problema utilizar teflón para evitarlo o cambiar de abrazaderas si este fuera el caso.
- Si existen desmoronamientos en la capa del cemento refractario realizar una mezcla homogénea y rellenar los huecos que puedan existir.
- Cada 6 meses pintar la estructura externa del horno con la finalidad de evitar corrosión en sus paredes.
- Cada año realizar una revisión de la capa de aislante, verificar el estado del mismo, en caso de estar deteriorada cambiar la lana de vidrio.

BIBLIOGRAFÍA.

- YUNUS, A. (2007). Transferencia de Calor y Masa. Editorial Mc GrawHill México. Segunda edición. México. D.F.
- INCROPERA, Frank- DeWITT. (1999). Fundamentos de Transferencia de Calor. Editorial continental. México.

- NARANJO, Galo y otros, (1997). Tutoría de Investigación Científica. Dimerino editores. Segunda edición. Quito-Ecuador.
- MOTT, Roberth. S/A. Mecánica de Fluidos. Hall hispanoamericana editores. Cuarta edición. México D.F.
- AVALLONE, Eugene. Manual del Ingeniero Mecánico. Tomo I. Novena edición. Mc. Graw-Hill Interamericana. México D.F.
- BROWN, Theodore. (2004). Química. Novena edición. Pearson editores. México.
- INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN. (1981). Código de Dibujo Técnico-Mecánico. Serie de normalización 009. S/E. Quito-Ecuador.
- Catálogos WATLOW.
- Catálogos ERECOs.

INTERNET

- <http://emison.es/medio-ambiente/pdf/incineracion/hornos%20incineracion%20FC.pdf>
- <http://www.cnpml.org/html/archivos/Ponencias/Ponencias-ID13.pdf>
- http://es.wikipedia.org/wiki/Material_refractario
- http://es.wikipedia.org/wiki/Poder_calor%C3%ADfico
- <http://www.refractarioslauruca.com/lanfibvidaisind.htm>
- <http://www.energia.inf.cu/iee-mep/SyT/CDG/Taller1BURE/QUEMADORES.PDF>
- www.preserveplanet.org

- <http://www.google.com/search?q=incinerador+de+aves&hl=es&ei=1qKsTNicAoWB1Afc9bTPBw&start=10&sa=N>
- <http://www.infojardin.com/foro/showthread.php?t=7334>
- <http://mundomascotas.portalmundos.com/incinerador-de-grasa/>
- <http://shell.windows.com/fileassoc/0c0a/xml/redirect.asp?EXT=pdf>
- <http://www.lindberg.com.ar/aves.html>
- http://es.wikipedia.org/wiki/Coeficiente_de_dilataci%C3%B3n
- <http://www.fisicarecreativa.com/guias/expansion.pdf>
- <http://www.energia.inf.cu/iee-mep/SyT/CDG/Taller1BURE/QUEMADORES.PDF>
- http://www.biocab.org/Transferencia_Calor.html
- http://www.kalfrisa.com/Archivos/Descargas/Incin_nue.pdf
- <http://www.kalfrisa.com/Archivos/Descargas/Crematorios.pdf>
- <http://www.ecopetrol.com.co/contenido.aspx?conID=37389&catID=223>
- http://www.repsol.com/pe_es/productos_y_servicios/productos/glp_butano_y_propano/paises/peru/repsolgas/servicio_e_industria/ventajas_del_glp_frente_a_otras_fuentes_de_energia/
- <http://contaminacion-ambiente.blogspot.com/>
- <http://www.energia.inf.cu/iee-mep/SyT/CDG/Taller1BURE/COMBUSTION.PDF>
- [www. Emisión.com](http://www.Emisión.com)
- www.caltec.com.ar

ANEXO A.1

PROPIEDADES TERMOFÍSICAS DEL AIRE

TABLA A.4 Propiedades termofísicas de gases a presión atmosférica^a

T (K)	ρ (kg/m ³)	c_p (kJ/kg · K)	$\mu \cdot 10^7$ (N · s/m ²)	$\nu \cdot 10^6$ (m ² /s)	$k \cdot 10^3$ (W/m · K)	$\alpha \cdot 10^6$ (m ² /s)	Pr
Aire							
100	3.5562	1.032	71.1	2.00	9.34	2.54	0.786
150	2.3364	1.012	103.4	4.426	13.8	5.84	0.758
200	1.7458	1.007	132.5	7.590	18.1	10.3	0.737
250	1.3947	1.006	159.6	11.44	22.3	15.9	0.720
300	1.1614	1.007	184.6	15.89	26.3	22.5	0.707
350	0.9950	1.009	208.2	20.92	30.0	29.9	0.700
400	0.8711	1.014	230.1	26.41	33.8	38.3	0.690
450	0.7740	1.021	250.7	32.39	37.3	47.2	0.686
500	0.6964	1.030	270.1	38.79	40.7	56.7	0.684
550	0.6329	1.040	288.4	45.57	43.9	66.7	0.683
600	0.5804	1.051	305.8	52.69	46.9	76.9	0.685
650	0.5356	1.063	322.5	60.21	49.7	87.3	0.690
700	0.4975	1.075	338.8	68.10	52.4	98.0	0.695
750	0.4643	1.087	354.6	76.37	54.9	109	0.702
800	0.4354	1.099	369.8	84.93	57.3	120	0.709
850	0.4097	1.110	384.3	93.80	59.6	131	0.716
900	0.3868	1.121	398.1	102.9	62.0	143	0.720
950	0.3666	1.131	411.3	112.2	64.3	155	0.723
1000	0.3482	1.141	424.4	121.9	66.7	168	0.726
1100	0.3166	1.159	449.0	141.8	71.5	195	0.728
1200	0.2902	1.175	473.0	162.9	76.3	224	0.728
1300	0.2679	1.189	496.0	185.1	82	238	0.719
1400	0.2488	1.207	530	213	91	303	0.703
1500	0.2322	1.230	557	240	100	350	0.685
1600	0.2177	1.248	584	268	106	390	0.688
1700	0.2049	1.267	611	298	113	435	0.685
1800	0.1935	1.286	637	329	120	482	0.683
1900	0.1833	1.307	663	362	128	534	0.677
2000	0.1741	1.337	689	396	137	589	0.672
2100	0.1658	1.372	715	431	147	646	0.667
2200	0.1582	1.417	740	468	160	714	0.655
2300	0.1513	1.478	766	506	175	783	0.647
2400	0.1448	1.558	792	547	196	869	0.630
2500	0.1389	1.665	818	589	222	960	0.613
3000	0.1135	2.726	955	841	486	1570	0.536

ANEXO A.2

CONDUCTIVIDADES TÉRMICAS DE DIFERENTES MATERIALES

TABLA A.1 Propiedades termofísicas de sólidos metálicos seleccionados^a

Composición	Punto de fusión (K)	Propiedades a 300 K				Propiedades a varias temperaturas (K)							
		ρ (kg/m ³)	c_p (J/kg · K)	k (W/m · K)	$\alpha \cdot 10^6$ (m ² /s)	k (W/m · K)/ c_p (J/kg · K)							
						100	200	400	600	800	1000	1200	1500
Acero puro	1810	7870	447	80.2	23.1	134 216	94.0 384	69.5 490	54.7 574	43.3 680	32.8 975	28.3 609	32.1 654
Aceros al carbón													
Carbón ordinario (Mn ≤ 1%, Si ≤ 0.1%)		7854	434	60.5	17.7			56.7 487	48.0 559	39.2 685	30.0 1169		
AISI 1010		7832	434	63.9	18.8			58.7 487	48.8 559	39.2 685	31.3 1168		
Carbón-silicio (Mn ≤ 1%, 0.1% < Si ≤ 0.6%)		7817	446	51.9	14.9			49.8 501	44.0 582	37.4 699	29.3 971		
Carbón-manganeso-silicio (1% < Mn ≤ 1.65%, 0.1% < Si ≤ 0.6%)		8131	434	41.0	11.6			42.2 487	39.7 559	35.0 685	27.6 1090		
Aceros con cromo (bajo)													
1/3Cr-1/3Mo-Si (0.18% C, 0.65% Cr, 0.23% Mo, 0.6% Si)		7822	444	37.7	10.9			38.2 492	36.7 575	33.3 688	26.9 969		
1 Cr-1 Mo (0.16% C, 1% Cr, 0.54% Mo, 0.39% Si)		7858	442	42.3	12.2			42.0 492	39.1 575	34.5 688	27.4 969		
1 Cr-V (0.2% C, 1.02% Cr, 0.15% V)		7836	443	48.9	14.1			46.8 492	42.1 575	36.3 688	28.2 969		
Aceros inoxidables													
AISI 302		8055	480	15.1	3.91			17.3 512	20.0 559	22.8 585	25.4 606		
AISI 304	1670	7900	477	14.9	3.95	9.2 272	12.6 402	16.6 515	19.8 557	22.6 582	25.4 611	28.0 640	31.7 682
AISI 316		8238	468	13.4	3.48			15.2 504	18.3 550	21.3 576	24.2 602		
AISI 347		7978	480	14.2	3.71			15.8 513	18.9 559	21.9 585	24.7 606		

ANEXO A.2

CONDUCTIVIDADES TÉRMICAS DE DIFERENTES MATERIALES

Apéndice A ■ Propiedades termofísicas de la materia

TABLA A.3 Continuación

Materiales y sistemas de aislamiento

Descripción/composición	Propiedades típicas a 300 K		
	Densidad, ρ (kg/m ³)	Conductividad térmica, k (W/m · K)	Calor específico, c_p (J/kg · K)
Manta y fibra			
Fibra de vidrio, revestida de papel	16	0.046	—
	28	0.038	—
	40	0.035	—
Fibra de vidrio, recubierta; forro de tubo	32	0.038	835
Tablero y losa			
Vidrio celular	145	0.058	1000
Fibra de vidrio, unión orgánica	105	0.036	795
Poliestireno, expandido			
Estirado (R-12)	55	0.027	1210
Lechos moldeados	16	0.040	1210
Lámina de fibra mineral; material de techado	265	0.049	—
Madera, triturada/encementada	350	0.087	1590
Corcho	120	0.039	1800
Relleno suelto			
Corcho, granulado	160	0.045	—
Óxido de silicio diatómico, polvo grueso	350	0.069	—
	400	0.091	—
Óxido de silicio diatómico, polvo fino	200	0.052	—
	275	0.061	—
Fibra de vidrio, vaciado o soplado	16	0.043	835
Vermiculita, hojuelas	80	0.068	835
	160	0.063	1000
Formado/espumado de origen			
Granos de lana mineral con aglomerantes de asbestos/ orgánicos, pulverizados	190	0.046	—
Mástique de corcho de acetato polivinilo; pulverizado o fratasado	—	0.100	—
Uretano, mezcla de dos partes; espuma rígida	70	0.026	1045

ANEXO A.3

DIAGRAMA DE MOODY

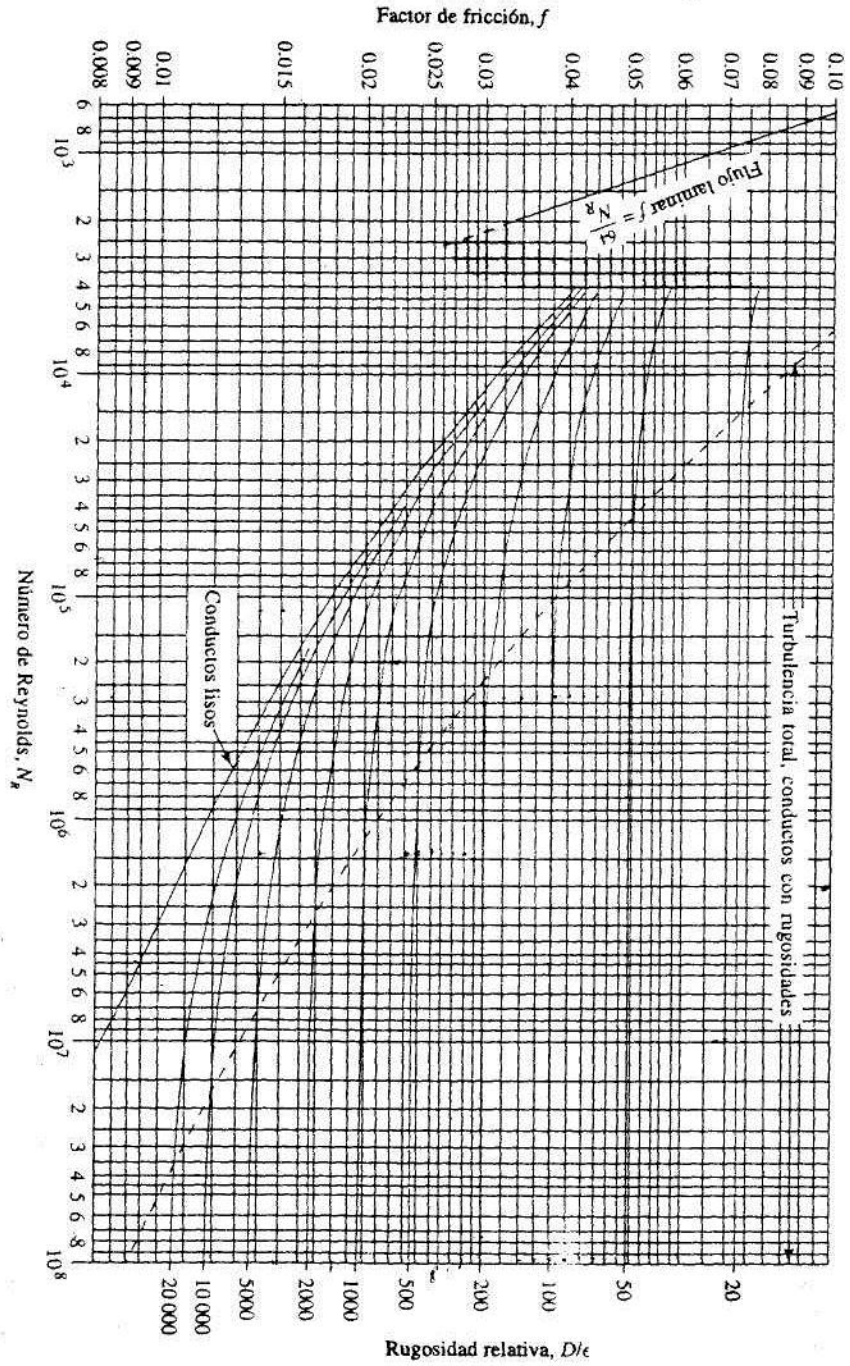


FIGURA 9.2 Diagrama de Moody. (Fuente: Pató, RHF. 1961. *Fluid Mechanics*. New York: John Wiley & Sons, p. 284.)

ANEXO A.4

CEMENTO REFRACTARIO



CONCRAX 1500

Clasificación NTC - 814 , ASTM C - 401	Clase D
Análisis Químico %	
Al ₂ O ₃	49.5
SiO ₂	39.0
Fe ₂ O ₃	1.3
TiO ₂	2.0
CaO	7.5
MgO	0.3
Álcalis	0.4
Cono Pirométrico Equivalente (PCE)	32
Temperatura equivalente °C NTC - 706 , ASTM C-24	1717
Máxima temperatura de servicio recomendada °C	1540
Máximo tamaño de grano mm	5
Material seco requerido por metro cúbico kg	2000 - 2100
Agua de preparación cm ³ de agua/kg de material seco NTC - 988 , ASTM C - 860	120 - 135
Densidad volumétrica °C - g/cm ³ ASTM C - 134	110 2.00 - 2.10 1000 1.80 - 1.85 1260 1.85 - 1.90 1370 1.85 - 1.90 1480 1.95 - 2.00
Módulo de ruptura en frío °C - Mpa (kg/cm ²) NTC - 988 , ASTM C-133	110 5.0 - 8.0 (50 - 80) 1000 1.5 - 2.5 (15 - 25) 1260 4.0 - 6.0 (40 - 60) 1370 12.0 - 14.0 (120 - 140) 1480 14.0 - 15.0 (140 - 150)

ANEXO A.5

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS TERMOCUPLA

Ordering Information and Model Numbers

On-off controller, No user interface

C

A A A A

Set Point Type

F Fixed Set Point

Line Voltage

- B 120V~ (ac), Switched DC Output
- C 120V~ (ac), 8 Amp Relay Output
- D 230 to 240V~ (ac), Switched DC Output
- E 230 to 240V~ (ac), 8 Amp Relay Output
- F 24V~ (ac), Switched DC Output
- G 24V~ (ac), 8 Amp Relay Output

Controller Package

- 1 Panel Mount, 1/8 DIN Square -Spade Terminals
- 2 DIN Rail Mount -Spade Terminals
- 3 Open Board, not potted -Spade Terminals
- 4 Potted Case -Spade Terminals
- 5 Panel Mount, 1/8 DIN Square -Screw Terminals
- 6 DIN Rail Mount -Screw Terminals
- 7 Open Board, not potted -Screw Terminals

H Type J -346 to 1900 Degrees F

J Type J -210 to 1038 Degrees C

K Type K -454 to 2500 Degrees F

L Type K -270 to 1370 Degrees C

M Type T -454 to 750 Degrees F

N Type T -270 to 400 Degrees C

P 100 Ω RTD -328 to 1472 Degrees F

R 100 Ω RTD -200 to 800 Degrees C

ANEXO A.6

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS ELECTROVÁLVULA



GENEBRE S.A. - C/ Pedrosa A, 46-48 - EDIFICIO GENE BRE
 Tel. +34 93 298 80 00/01 - Fax +34 93 298 80 06
 08908 L'HOSPITALET DE LLOBREGAT Barcelona (Spain)
 e-mail: genebre@genebre.es
 internet: <http://www.genebre.es>

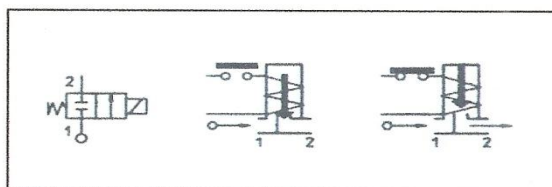
Art. 4030-31 Electroválvula 2/2 vías N.C. Acción Directa **Art. 4030-31 Solenoid 2/2 ways N.C. Direct Acting**

Características		
E.V. con acción directa adaptada para la interceptación de los fluidos compatibles con los materiales en que están construidas. No necesita de una presión mínima para su funcionamiento. Los materiales utilizados y las pruebas en que son sometidas garantizan fiabilidad y duración.		
APLICACIONES	Automatización	Calefacción
RACOR	G1/8"	G1/4"
BOBINAS	8W	∅ 13

Features		
Direct acting S.V. for interception of fluids compatible with the construction materials. Minimum operational pressure is not required. The materials used and the tests carried out ensure maximum reliability and duration.		
USE	Automation	Heating
PIPES	G 1/8"	G 1/4"
COILS	8W	∅ 13



Juntas-Gaskets	Temperaturas-Temperature		Fluidos-Medium
V = FKM (elastómero fluorado)	- 10°C	+140°C	Aceites ligeros (2°E), gasolina, gasóleo
E = EPDM (etileno-propileno)	- 10°C	+140°C	Agua, vapor a baja presión
B = NBR (nitrilo)	- 10°C	+ 90°C	Agua, aire, gases inertes



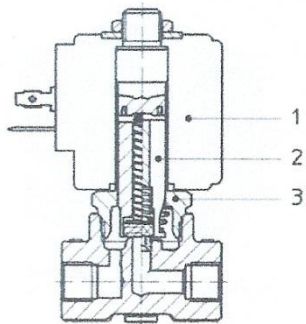
ANEXO A.6

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS ELECTROVÁLVULA



GENEBRE S.A. · C/ Pedrosa A, 46-48 · EDIFICIO GENE BRE
 Tel. +34 93 298 80 00/01 · Fax +34 93 298 80 06
 08908 L'HOSPITALET DE LLOBREGAT Barcelona (Spain)
 e-mail: genebre@genebre.es
 internet: <http://www.genebre.es>

Racord- Pipe ISO 228/1	Código- Code	Viscosidad máx. admisible Max viscosity		Ø mm	Kv L/min	Potencia- Power (watt)	Presiones-Pressure		
		cSt	°E				min bar	máx M.O.P.D. AC bar DC bar	
G 1/8"	4030 01	53	7	2,5	3,2	8	0	14	9
G 1/8"	4030 02					14		30	25
G 1/4"	4031 01					8		14	9
G 1/4"	403102					14		30	25
G 1/4"	4035 02			5,5	9,0	8		3,5	1



MATERIALES-MATERIALS					
Nº	Denominación /Name		Material-Material		
1	Cuerpo	Body	Latón	Brass	OT 58
2	Tubo Guía	Welded armature tube	Acero Inox	Stainless steel	AISI serie 300
3	Núcleo fijo	Fixed core	Acero Inox	Stainless steel	AISI serie 400
4	Núcleo móvil	Plunger	Acero Inox	Stainless steel	AISI serie 400
5	Anillo de desfase	Phase displacement ring	Cobre	Copper	
6	Muelle	Spring	Acero Inox	Stainless steel	AISI serie 300
7	Obturador	Seal	Standard B = NBR		
			Bajo pedido V = FKM		
			On request E = EPDM		
8	Orificio	Orifice	Acero Inox	Stainless steel	AISI serie 316
BAJO PEDIDO – ON REQUEST					
Conector	Conector	Pg 9 ó Pg 11			
Conformidad conector	Conector conformity	ISO 4400			

ANEXO A.7

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS CONTROLADOR DE TEMPERATURA

Specifications

Controller

- Microprocessor based, on-off control mode.
- Nominal switching hysteresis, typically 1.7°C (3°F).
- Input filter time: 1 second

Operator Interface (model dependent)

- Four digit , 7 segment LED displays, .28" high.
- °F or °C indicator LED.
- LOAD indicator LED.
- Continuous turn, velocity sensitive rotary encoder for set point adjustment, on rotary-knob models.
- Front panel key on Push for Set Point or Push for Process options.
- No operator interface on fixed set point models.
- Increment/Decrement keys for set point adjustment on tactile key models.

Standard Conditions For Specifications

- Rated line voltage, 50 to 60Hz, 0 to 90% RH non-condensing, 15-minute warm-up.

Calibration ambient range: 25°C (77°F) ±3°C

Sensor Input

Thermocouple

- Grounded or ungrounded.
- Type E, J, K, T thermocouple types.
- >10 MΩ input impedance
- 250 nV input referenced error per 1Ω source resistance.

RTD

- 2-wire or 3-wire platinum, 100 Ω
- DIN curve (.00385 curve)
- 125 μA nominal RTD excitation current

Input Accuracy Span Range

Type E: -200 to 800°C or -328 to 1,470°F

Type J: 0 to 750°C or 32 to 1,382°F

Type K: -200 to 1,250°C or -328 to 2,282°F

Type T: -200 to 350°C or -328 to 662°F

RTD (DIN):-200 to 800°C or -328 to 1,472°F

Thermocouple Input

- Calibration accuracy: ±1% of input accuracy span, ±1° at standard conditions and actual calibration ambient.
Exception: Type T, ±2.4% of input accuracy span for -200 to 0° (-328 to 32°F)
- Temperature stability: ±0.3 degree per degree change in ambient.

RTD Input

- Calibration accuracy ±1% of input accuracy span ±1° at standard conditions and actual calibration ambient.
- Temperature stability: ±0.2 degree per degree change in ambient

Allowable Operating Ranges

Type E: -200 to 800°C or -328 to 1,470°F

Type J: -210 to 1,038°C or -346 to 1,900°F

Type K: -270 to 1,370°C or -454 to 2,500°F

Type T: -270 to 400°C or -454 to 750°F

RTD (DIN):-200 to 800°C or -328 to 1,472°F

Output Types

Switched DC (non-isolated)

- Supply voltage maximum: 24V_{rms} (dc) into an infinite load.
- Supply voltage minimum: 5V_{rms} (dc) at 10 mA
- Minimum load impedance: 500 Ω

Electromechanical Relay, Form C

- Minimum load current: 100 mA
- 8 A @ 240V~ (ac) or 30V_{rms} (dc) maximum, resistive
- 250 VA pilot duty, 120/240V~ (ac) maximum, inductive
- Use RC suppression for inductive loads
- Electrical life 100,000 cycles at rated current

Agency Approvals

- UL@873 Recognized Temperature Controller and Indicator. File E43684.
- NEMA 4X/IP65 on panel mount package options with tactile keys for set point.
- UL@197 Reviewed for use in cooking appliances.
- W.E.E.E; CE - See Declaration of Conformity.
- ANSI Z21.23 Gas Appliance Thermostat approval.
- Temperature Control and Indicator CSA 22.2 No. 24.
- RoHS Directive (2002-95-EC)

Terminals

- 6.4 mm (0.25 in) quick connect, push-on terminals. See order options. Refer to Wiring section for crimp-on terminal recommendations.
- Removable screw clamp style terminal blocks. See order options.
- Wire gauge 0.1 to 4 mm² (30 to 12 AWG). Strip length, 8 mm (0.30 in).
- Torque: 0.8 Nm (7 in-lb) maximum.

Power

- 24V~ (ac) +10%; -15%; 50/60 Hz, ±5%
- 120V~ (ac) +10%; -15%; 50/60 Hz, ±5%
- 230 to 240V~ (ac) +10%; -15%; 50/60 Hz, ±5%
- 10VA maximum power consumption
- Data retention upon power failure via nonvolatile memory

Operating Environment

- 0 to 70°C (32 to 158°F)
- 0 to 90% RH, non-condensing
- Storage temperature: -40 to 85°C (-40 to 185°F)

Dimensions

- DIN Rail model can be DIN rail or chassis mount
DIN rail spec DIN 50022, 35 mm x 7.5 mm (1.38 in x 0.30 in)

Style	Width	Height	Depth
Open board	61.7 mm (2.43 in)	61.7 mm (2.43 in)	45.1 mm (1.78 in)
Potted	70.1 mm (2.76 in)	102.9 mm (4.05 in)	46.6 mm (1.84 in)
DIN Rail	78.1 mm (3.08 in)	112.3 mm (4.42 in)	90.7 mm* (3.57 in)
Square 1/8 DIN Panel	72.4 mm (2.85 in)	72.4 mm (2.85 in)	Behind panel 51.7 mm (2.04 in)

*Depth including DIN rail, 94.7 mm (3.73 in)

Note: These specifications are subject to change without prior notice.

ANEXO A.8
NORMAS DE CALIDAD MEDIOAMBIENTE (TULAS)

LIBRO VI ANEXO 4



PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA

4 Requisitos.

4.1 Norma de calidad de aire ambiente.

4.1.1 De los contaminantes del aire ambiente

4.1.1.1 Para efectos de esta norma se establecen como contaminantes comunes del aire ambiente a los siguientes:

Partículas Sedimentables.

Material Particulado de diámetro aerodinámico menor a 10 (diez) micrones. Se abrevia PM_{10} .

Material Particulado de diámetro aerodinámico menor a 2,5 (dos enteros cinco décimos) micrones. Se abrevia $PM_{2,5}$.

Óxidos de Nitrógeno: NO y NO_2 , y expresados como NO_2 .

Dióxido de Azufre SO_2 .

Monóxido de Carbono.

Oxidantes Fotoquímicos, expresados como Ozono.

4.1.1.2 La Entidad Ambiental de Control verificará, mediante sus respectivos programas de monitoreo, que las concentraciones a nivel de suelo en el aire ambiente de los contaminantes comunes no excedan los valores estipulados en esta norma. Dicha Entidad quedará facultada para establecer las acciones necesarias para, de ser el caso de que se excedan las concentraciones de contaminantes comunes del aire,

hacer cumplir con la presente norma de calidad de aire. Caso contrario, las acciones estarán dirigidas a prevenir el deterioro a futuro de la calidad del aire.

4.1.1.3 La responsabilidad de la determinación de las concentraciones de contaminantes en el aire ambiente recaerá en la Entidad Ambiental de Control. Los equipos, métodos y procedimientos a utilizarse en la determinación de la concentración de contaminantes, tendrán como referencia a aquellos descritos en la legislación ambiental federal de los Estados Unidos de América (*Code of Federal Regulations, Anexos 40 CFR 50*).

4.1.1.4 La Entidad Ambiental de Control deberá demostrar, ante el Ministerio del Ambiente, que sus equipos, métodos y procedimientos responden a los requerimientos descritos en esta norma. De existir alguna desviación con respecto a la norma, se deberá efectuar la debida justificación técnica a fin de establecer la validez, en uso oficial, de los resultados a obtenerse en la medición de concentraciones de contaminantes en el aire ambiente. La información que se recabe, como resultado de los programas públicos de medición de concentraciones de contaminantes comunes del aire, serán de carácter público.

4.1.1.5 La Entidad Ambiental de Control establecerá sus procedimientos internos de control de calidad y aseguramiento de calidad del sistema de monitoreo de calidad del aire ambiente en la región bajo su autoridad. Así mismo, la Entidad Ambiental de Control deberá definir la frecuencia y alcance de los trabajos, tanto de auditoría interna como externa, para su respectivo sistema de monitoreo de calidad de aire ambiente.

4.1.2 Normas generales para concentraciones de contaminantes comunes en el aire ambiente

4.1.2.1 Para los contaminantes comunes del aire, definidos en 4.1.1, se establecen las siguientes concentraciones máximas permitidas. El Ministerio del Ambiente establecerá la frecuencia de revisión de los valores descritos en la presente norma de calidad de aire ambiente. La Entidad Ambiental de Control utilizará los valores de

concentraciones máximas de contaminantes del aire ambiente aquí definidos, para fines de elaborar su respectiva ordenanza o norma sectorial. La Entidad Ambiental de Control podrá establecer normas de calidad de aire ambiente de mayor exigencia que los valores descritos en esta norma nacional, esto si los resultados de las evaluaciones de calidad de aire que efectúe dicha Autoridad indicaren esta necesidad.

Partículas sedimentables.- La máxima concentración de una muestra, colectada durante 30 (treinta) días de forma continua, será de un miligramo por centímetro cuadrado ($1 \text{ mg/cm}^2 \times 30 \text{ d}$).

Material particulado menor a 10 micrones (PM10).- El promedio aritmético de la concentración de PM_{10} de todas las muestras en un año no deberá exceder de cincuenta microgramos por metro cúbico ($50 \text{ } \mu\text{g/m}^3$). La concentración máxima en 24 horas, de todas las muestras colectadas, no deberá exceder ciento cincuenta microgramos por metro cúbico ($150 \text{ } \mu\text{g/m}^3$), valor que no podrá ser excedido más de dos (2) veces en un año.

Material particulado menor a 2,5 micrones (PM2,5).- Se ha establecido que el promedio aritmético de la concentración de $\text{PM}_{2,5}$ de todas las muestras en un año no deberá exceder de quince microgramos por metro cúbico ($15 \text{ } \mu\text{g/m}^3$). La concentración máxima en 24 horas, de todas las muestras colectadas, no deberá exceder sesenta y cinco microgramos por metro cúbico ($65 \text{ } \mu\text{g/m}^3$), valor que no podrá ser excedido más de dos (2) veces en un año.

Dióxido de azufre (SO2).- El promedio aritmético de la concentración de SO_2 determinada en todas las muestras en un año no deberá exceder de ochenta microgramos por metro cúbico ($80 \text{ } \mu\text{g/m}^3$). La concentración máxima en 24 horas no deberá exceder trescientos cincuenta microgramos por metro cúbico ($350 \text{ } \mu\text{g/m}^3$), más de una vez en un año.

Monóxido de carbono (CO).- La concentración de monóxido de carbono de las muestras determinadas de forma continua, en un período de 8 (ocho) horas, no deberá

exceder diez mil microgramos por metro cúbico ($10\ 000\ \mu\text{g}/\text{m}^3$) más de una vez en un año. La concentración máxima en una hora de monóxido de carbono no deberá exceder cuarenta mil microgramos por metro cúbico ($40\ 000\ \mu\text{g}/\text{m}^3$) más de una vez en un año.

Oxidantes fotoquímicos, expresados como ozono.- La máxima concentración de oxidantes fotoquímicos, obtenida mediante muestra continua en un período de una hora, no deberá exceder de ciento sesenta microgramos por metro cúbico ($160\ \mu\text{g}/\text{m}^3$), más de una vez en un año. La máxima concentración de oxidantes fotoquímicos, obtenida mediante muestra continua en un período de ocho horas, no deberá exceder de ciento veinte microgramos por metro cúbico ($120\ \mu\text{g}/\text{m}^3$), más de una vez en un año.

El promedio aritmético de la concentración de óxidos de nitrógeno, expresada como NO_2 , y determinada en todas las muestras en un año, no deberá exceder de cien microgramos por metro cúbico ($100\ \mu\text{g}/\text{m}^3$). La concentración máxima en 24 horas no deberá exceder ciento cincuenta microgramos por metro cúbico ($150\ \mu\text{g}/\text{m}^3$) más de dos (2) veces en un año.

4.1.2.2 Los valores de concentración de contaminantes comunes del aire, establecidos en esta norma, así como los que sean determinados en los programas públicos de medición, están sujetos a las condiciones de referencia de $25\ ^\circ\text{C}$ y $760\ \text{mm Hg}$.

4.1.2.3 Las mediciones observadas de concentraciones de contaminantes comunes del aire deberán corregirse de acuerdo a las condiciones de la localidad en que se efectúen dichas mediciones, para lo cual se utilizará la siguiente ecuación:

$$C_c = C_o * \frac{760\text{mmHg}}{P\text{blmmHg}} * \frac{(273 + t^\circ\text{C})^\circ K}{298^\circ K}$$

donde:

Cc: concentración corregida

Co: concentración observada

Pbl: presión atmosférica local, en milímetros de mercurio.

t°C: temperatura local, en grados centígrados.

4.1.3 De los planes de alerta, alarma y emergencia de la calidad del aire

4.1.3.1 La Entidad Ambiental de Control establecerá un Plan de Alerta, de Alarma y de Emergencia ante Situaciones Críticas de Contaminación del Aire, basado en el establecimiento de tres niveles de concentración de contaminantes. La ocurrencia de estos niveles determinará la existencia de los estados de Alerta, Alarma y Emergencia.

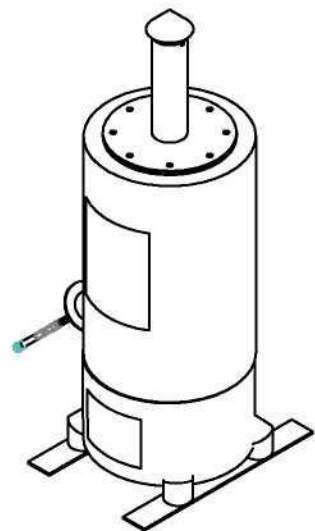
4.1.3.2 Se definen los siguientes niveles de alerta, de alarma y de emergencia en lo referente a la calidad del aire (Tabla 1). Cada uno de los tres niveles será declarado por la Entidad Ambiental de Control cuando uno o más de los contaminantes comunes indicados exceda la concentración establecida en la siguiente tabla, o cuando las condiciones atmosféricas se espera que sean desfavorables en las próximas 24 horas.

Tabla 1. Concentraciones de contaminantes comunes que definen los niveles de alerta, de alarma y de emergencia en la calidad del aire ^[1]

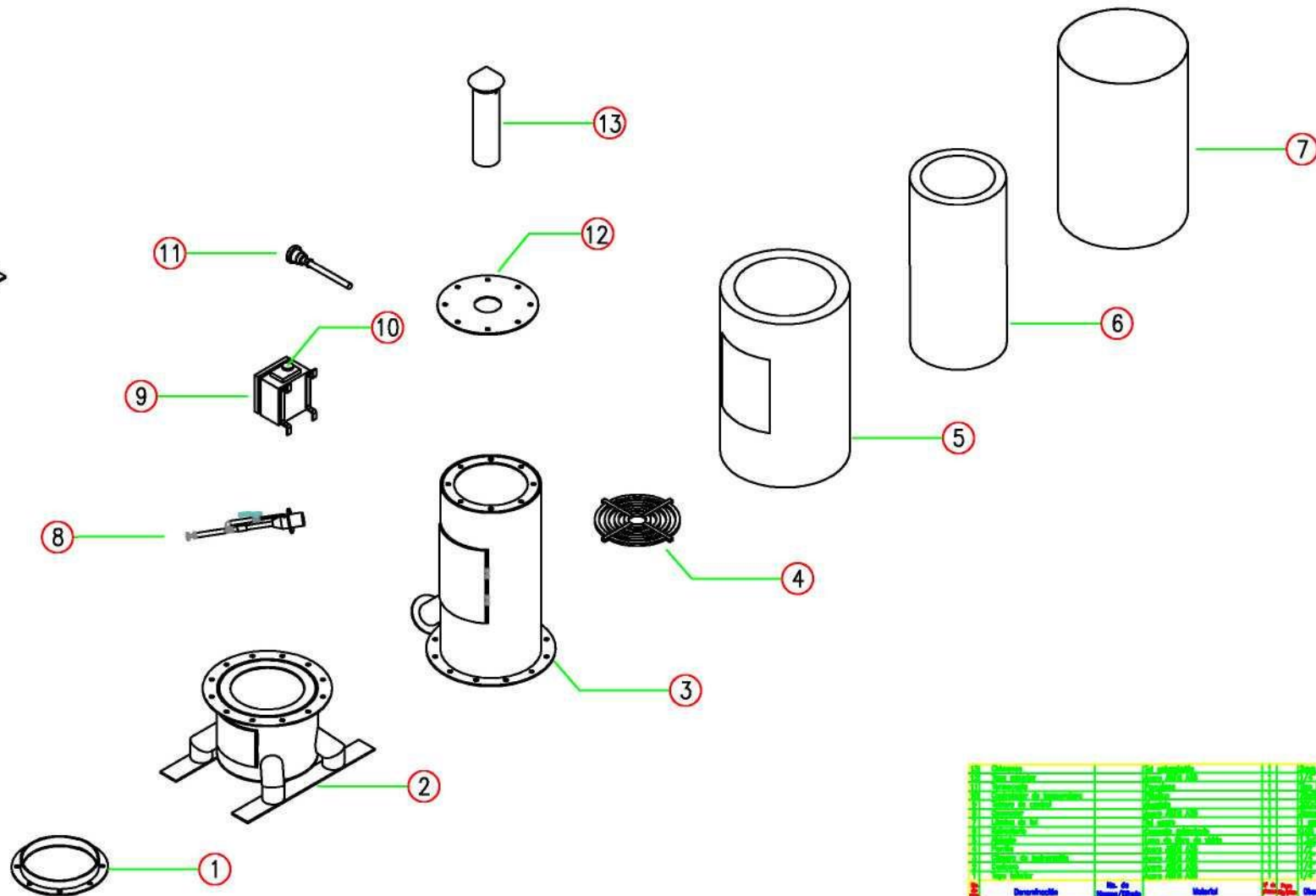
CONTAMINANTE Y PERÍODO DE TIEMPO	ALERTA	ALARMA	EMERGENCIA
Monóxido de Carbono			
Concentración promedio en ocho horas	15 000	30 000	40 000
Oxidantes Fotoquímicos, expresados como ozono.			
Concentración promedio en una hora	300	600	800
Óxidos de Nitrógeno, como NO ₂			
Concentración promedio en una hora	1 200	2 300	3 000
Dióxido de Azufre			
Concentración promedio en veinticuatro horas	800	1 600	2 100
Material Particulado PM ₁₀			
Concentración en veinticuatro horas	250	400	500

Nota:

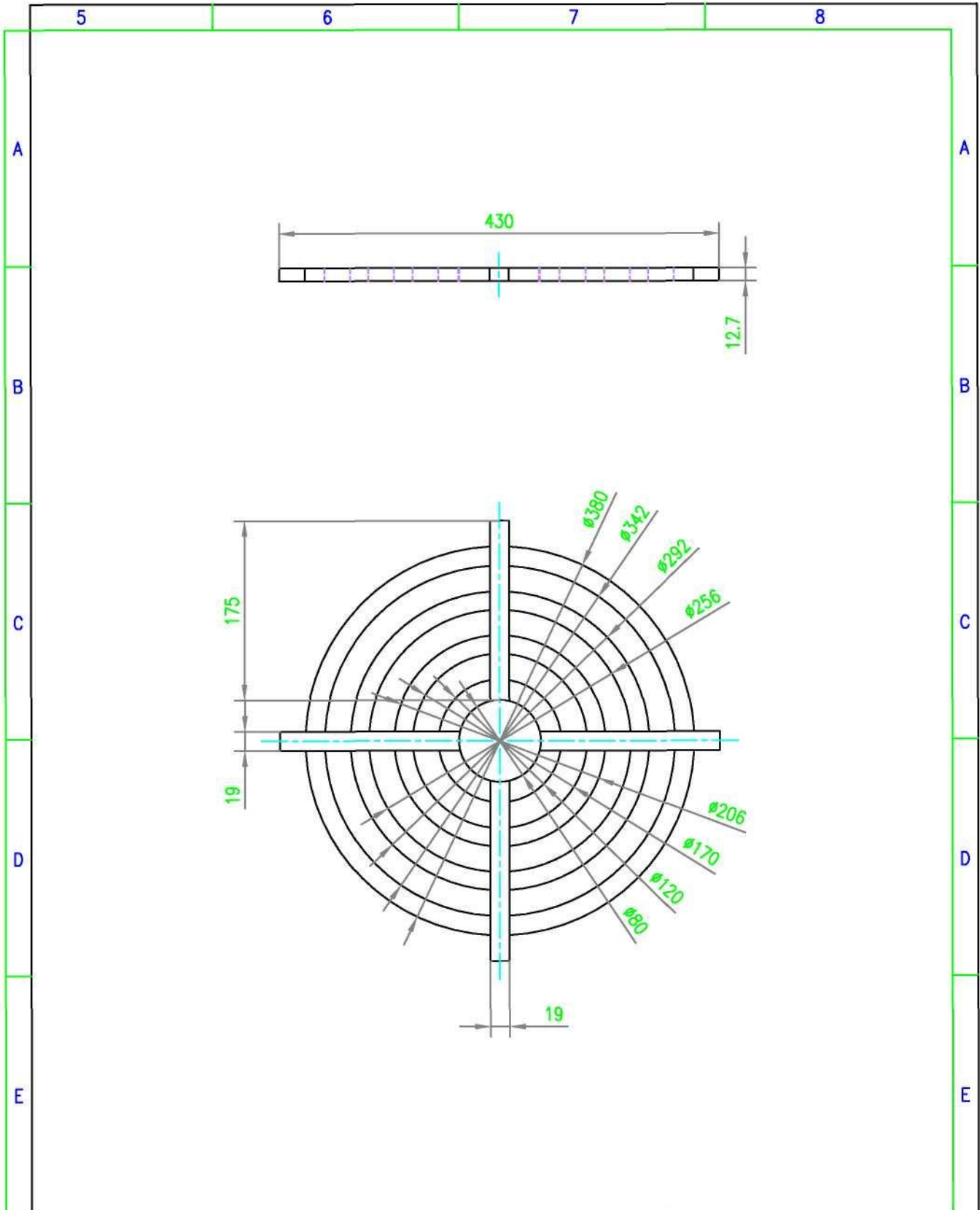
^[1] Todos los valores de concentración expresados en microgramos por metro cúbico de aire, a condiciones de 25 °C y 760 mm Hg.



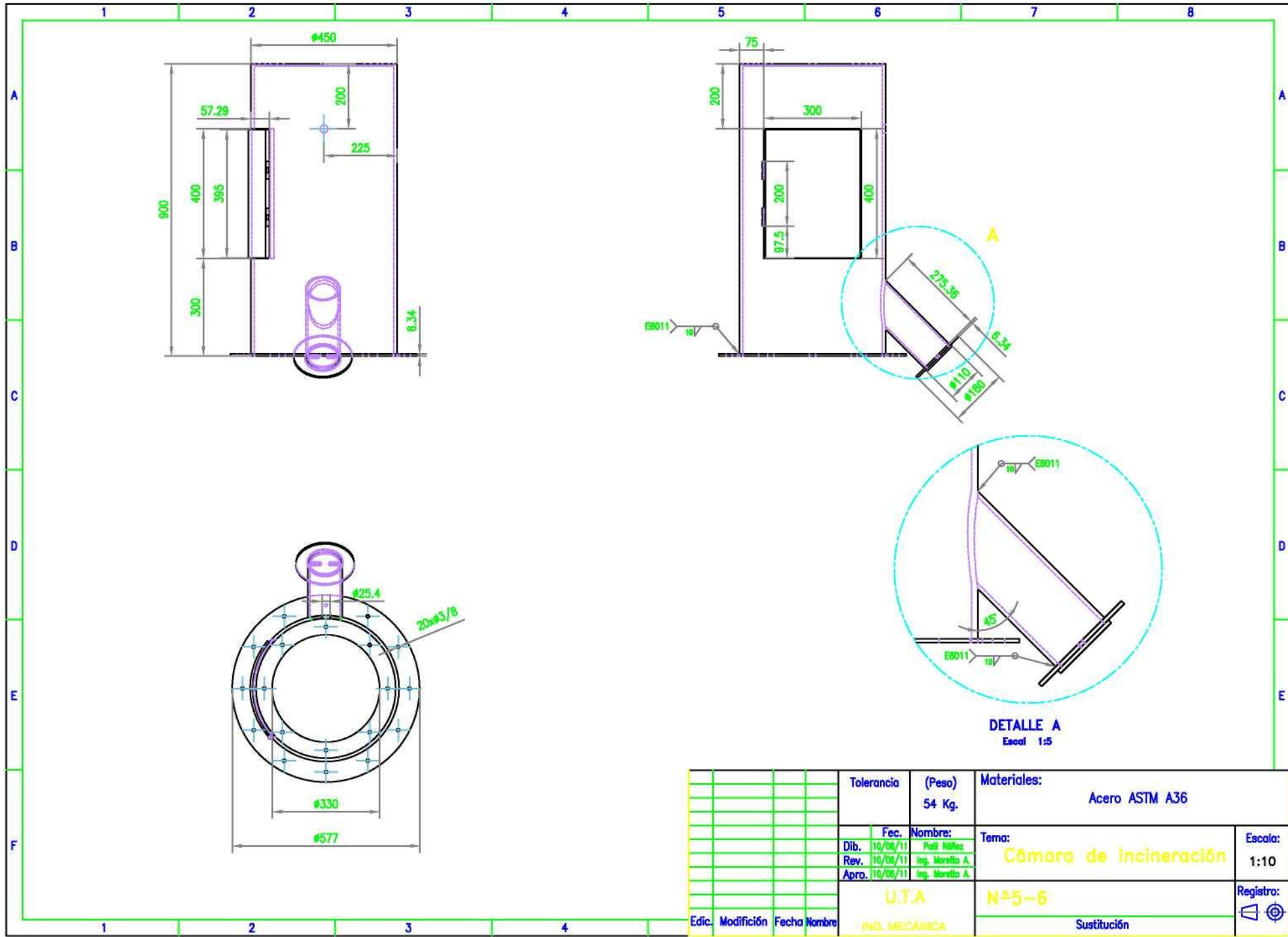
CONJUNTO ARMADO
Escala: 1:10



Descripción	N.º de Unidad/Grupo	Materia	U.º de Medida	Observaciones
1	1	Aluminio	PC	
2	1	Aluminio	PC	
3	1	Aluminio	PC	
4	1	Acero	PC	
5	1	Aluminio	PC	
6	1	Aluminio	PC	
7	1	Aluminio	PC	
8	1	Acero	PC	
9	1	Acero	PC	
10	1	Aluminio	PC	
11	1	Acero	PC	
12	1	Aluminio	PC	
13	1	Aluminio	PC	



				Tolerancia	(Peso) 2 Kg.	Material: Acero ASTM A36	
				Dib.	Fec. 10/06/11	Nombre: Paúl Núñez	Escala: 1:5
				Rev.	10/06/11	Ing. Moretta A.	
				Apro.	10/06/11	Ing. Moretta A.	
				U.T.A		Nº4-6	Registro:
Edic.	Modificación	Fecha	Nombre	ING. MECÁNICA		Sustitución	



				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
					54 Kg.	Acero ASTM A36	
				Fec.	Nombre:	Tema:	Escala:
				Dib. 10/08/11	Pauli Nájera	Cámara de Incineración	1:10
				Rev. 10/08/11	Ing. Morelto A.		
				Apro. 10/08/11	Ing. Morelto A.		
				U.T.A		Nº5-6	Registro:
				ING. MECÁNICA		Sustitución	

